

**RANCANG BANGUN ARRAY SENSOR E-TONGUE BERBASIS
MEMBRAN LIPID UNTUK KLASIFIKASI POLA RASA AIR MINUM
DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE LDA**

SKRIPSI

Oleh:
MOH. FAJRUL FALAH
NIM. 14640049



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**RANCANG BANGUN ARRAY SENSOR E-TONGUE BERBASIS
MEMBRAN LIPID UNTUK KLASIFIKASI POLA RASA AIR MINUM
DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE LDA**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**MOH. FAJRUL FALAH
NIM. 14640049**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN


RANCANG BANGUN ARRAY SENSOR E-TONGUE BERBASIS
MEMBRAN LIPID UNTUK KLASIFIKASI POLA RASA AIR MINUM
DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE LDA

SKRIPSI

Oleh:
Moh. Fajrul Falah
NIM. 14640049

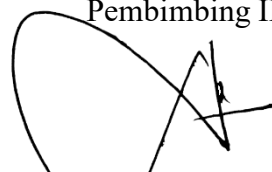
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal, 21 April 2021

Pembimbing I



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003




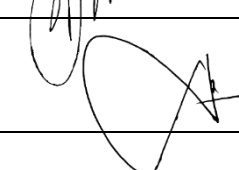
HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ARRAY SENSOR E-TONGUE BERBASIS MEMBRAN LIPID UNTUK KLASIFIKASI POLA RASA AIR MINUM DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN METODE LDA

SKRIPSI

Oleh:
Moh. Fajrul Falah
NIM. 14640049

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Skripsi dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal : 21 Juni 2021

Penguji Utama	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si.
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Fajrul Falah

NIM : 14640049

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Rancang Bangun Array Sensor E-Tongue Berbasis
Membran Lipid Untuk Klasifikasi Pola Rasa Air
Minum Dalam Kemasan Menggunakan Metode LDA

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 21 Juni 2021
Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a pink and yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAI TEMPEL', and a serial number '5A411AJX155894955'.

Moh. Fajrul Falah
NIM. 14640049

MOTTO

I Do What I Can, And I Always Try What I Can't

**Tidak Perlu Sempurna Untuk Melakukan Usaha, Mulailah Dulu Baru
Sempurnakan**

**Kegagalan Sesungguhnya Adalah Ketika Kita Berhenti Mencoba Dan
Berusaha**

**Hidup Di Dunia Hanya Sekali, Buatlah Suatu Hal Yang Bermanfaat Dan
Berarti**

**Kita Sejatinya Diciptakan Tidak Lain Hanya Untuk Beribadah Dan Terus
Berikhtiar Hingga Akhir Hayat**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini kupersembahkan untuk:

Bapak Akhmad Musollin dan Ibuku Ely Lutfiana, serta keempat saudaraku Safira Fitri Ramadhani, Alivio Rozaqnanda Zulkarnain, Muh. Ferdi Zamannur, dan Ahmad Fauzan Alimul Islam yang menjadi tujuan utama dalam hidupku dan selalu memberikanku dorongan serta semangat. Terimakasih atas segala doa dan kasih sayang yang telah tercurahkan selama ini.

Untuk sosok yang paling penting dalam hidup saya, kali ini izinkan saya meminta maaf untuk diri sendiri dan mengucapkan terimakasih untuk diriku sendiri sudah mau kuat dan bertahan sampai tugas akhir ini selesai.

Untuk Sahabatku yang senantiasa mensupport dan memberi semangat dan hiburan baik suka maupun duka.

Untuk segenap temen-temen jurusan Fisika dan adik tingkat seperjuangan dalam suka maupun duka.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan baik. Proposal yang telah penulis susun ini berjudul “Rancang Bangun Array Sensor E-Tongue Berbasis Membran Lipid Untuk Klasifikasi Pola Rasa Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Metode LDA”.

Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku ketua jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing proposal yang memberikan banyak kesabaran, tenaga, waktu dan ilmu dalam membimbing penulis agar proposal ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
6. Kedua orangtua dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
7. Teman-teman fisika instrumentasi dan komputasi yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan proposal skripsi ini.

8. Kawan-kawan fisika angkatan 2014 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan proposal ini. Dalam penyusunan proposal ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan.

Semoga proposal ini dapat dipertimbangkan untuk menjadi penelitian penulis dalam memenuhi tugas akhir. Amin Ya Rabbal Alamin.

Malang, 21 Juni 2021

Moh. Fajrul Falah
NIM. 14640049

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK).....	6
2.2 Indra Pengecap.....	8
2.3 Elektrokimia	11
2.4 Elektroda.....	12
2.4.1 Elektroda Kerja (<i>Electrode Indicator</i>)	12
2.4.2 Elektroda Pembanding (<i>Electrode Reference</i>).....	15
2.5 Sensor	17
2.6 Lidah Elektronik (<i>E-Tongue</i>).....	18
2.7 Membran Lipid	19
2.8 Arduino	21
2.8.1 Hardware Arduino.....	22
2.8.2 Software Arduino (IDE).....	23
2.8.3 Arduino Mega 2560	23
2.9 pH/ORP Adapter.....	24
2.10 National Instrument LabVIEW.....	25
2.11 Akuisisi Data	26
2.12 Linear Discriminant Analysis (LDA)	27
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.3.1 Alat Penelitian.....	29
3.3.2 Bahan Penelitian.....	30
3.4 Prosedur Penelitian	30
3.4.1 Perancangan Hardware.....	31

3.4.2 Perancangan Software.....	33
3.4.3 Pengambilan Data	35
3.4.4 Pengolahan dan Analisis Data.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pembuatan Hardware Sensor E-Tongue	38
4.1.1 Probe Sensor.....	38
4.1.2 Membran Lipid.....	40
4.1.3 Elektroda Reference	40
4.1.4 Interface Mikrokontrol	41
4.2 Pembuatan Software Sensor E-Tongue.....	44
4.2.1 Pembuatan Graphical User Interface (GUI).....	44
4.2.2 Koneksi Port USB	45
4.2.3 Sistem Akuisisi Data	46
4.3 Data Hasil Penelitian.....	50
4.3.1 Respon <i>Array</i> Sensor Terhadap Sampel	51
4.3.2 Output Data Pengujian Sampel	52
4.3.3 Hasil Pengolahan Data Sampel Menggunakan Metode LDA.....	52
4.4 Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an.....	54
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Taste Buds pada Lidah	9
Gambar 2.2	Posisi Rasa pada Papilla Lidah.....	11
Gambar 2.3	Reaksi Oksidasi Reduksi	12
Gambar 2.4	<i>Electrode Reference</i> HI-5311	16
Gambar 2.5	Arduino UNO R3	22
Gambar 2.6	Software Arduino IDE.....	23
Gambar 2.7	Arduino Mega 2560.....	24
Gambar 2.8	pH/ORP Adapter 1130	25
Gambar 2.9	Tampilan Aplikasi LabVIEW.....	25
Gambar 2.10	Akuisisi Data Sensor Berbasis PC.....	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Penelitian	31
Gambar 3.2	Diagram Pembuatan Probe Sensor	32
Gambar 3.3	Diagram Pembuatan <i>Socket Interface</i>	33
Gambar 3.4	Diagram Program Pembuatan Software	34
Gambar 3.5	Diagram Pengambilan Data.....	35
Gambar 3.6	Diagram Pengolahan dan Analisis Data	36
Gambar 4.1	Sistem Kerja Sensor E-Tongue	38
Gambar 4.2	Tahap Pembuatan Probe Sensor E-Tongue	39
Gambar 4.3	Kombinasi Membran Lipid	40
Gambar 4.4	Desain PCB Layer Bawah	42
Gambar 4.5	Desain PCB Layer Atas.....	42
Gambar 4.6	Desain <i>Case</i> Menggunakan Corel Draw	43
Gambar 4.7	Front Panel Graphical User Interface (GUI) E-Tongue	44
Gambar 4.8	Blok Diagram Inisiasi Port	45
Gambar 4.9	Blok Diagram Inisiasi Perintah <i>Custom Control</i>	46
Gambar 4.10	Blok Diagram Pemrosesan Data.....	47
Gambar 4.11	Blok Diagram Panel Data Larik Sensor	48
Gambar 4.12	Blok Diagram Panel Data <i>Moving Average</i>	48
Gambar 4.13	Blok Diagram Data Logger	49
Gambar 4.14	Blok Diagram Perintah <i>Save Data</i>	50
Gambar 4.15	Proses Pengambilan Data	51
Gambar 4.16	Respon Larik Sensor Terhadap Sampel Uji	51
Gambar 4.17	Hasil Output Data Sampel Uji Air Minum.....	52
Gambar 4.18	Klasifikasi Pola Rasa AMDK Menggunakan Metode LDA	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Membran Lipid	20
Tabel 2.2	Spesifikasi Arduino Mega 2560	24
Tabel 2.3	Spesifikasi pH/ORP Adapter 1130.....	25
Tabel 3.1	Alat-alat Penelitian.....	29
Tabel 3.2	Bahan-bahan Penelitian.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Dokumentasi Kegiatan

Lampiran 2 : Proses Pengambilan Data

ABSTRAK

Falah, Mohammad Fajrul. 2021. Rancang Bangun Array Sensor E-Tongue Berbasis Membran Lipid Untuk Klasifikasi Pola Rasa Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Metode LDA. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (1) Dr. Imam Tazi, M.Si. (2) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Kata Kunci: Lidah Elektronik, Rasa, Air Minum Dalam Kemasan, Membran, LDA.

Array sensor *e-tongue* dengan enam belas larik sensor yang dilapisi membrane lipid digunakan untuk pengujian karakteristik pola data dari sampel uji berupa cairan secara objektif. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuat sensor rasa yang dapat mengklasifikasi pola data dari beberapa air minum dalam kemasan sesuai dengan masing-masing kelompok. Metode yang digunakan untuk Analisa data yaitu metode *linear discriminant analysis* (LDA), suatu teknik multivariat yang berkaitan dengan pemisahan dan pengelompokan objek kedalam satu kelompok tertentu (Grouping). Hasil pembuatan array sensor dibagi menjadi beberapa tahapan. Mulai dari probe sensor, interface, dan software. Proses pengolahan data secara keseluruhan menunjukkan bahwa beberapa bahan uji yang telah diteliti menggunakan e-tongue dapat terklasifikasi sesuai dengan plot data kelompok masing-masing. Sampel aquades yang digunakan sebagai kontrol, menunjukkan bahwa titik *cluster centroid* aquades memiliki jarak yang jauh dengan titik *cluster centroid* sampel air minum dalam kemasan lainnya.

ABSTRACT

Falah, Mohammad Fajrul. 2021. Design and Build an E-Tongue Sensor Array Based on Lipid Membrane for Classification of Taste Patterns in Bottled Drinking Water Using the LDA Method. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
Advisors: (1) Dr. Imam Tazi, M.Si. (2) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Keywords: Electronic Tongue, Taste, Bottled Water, Membranes, LDA.

An e-tongue sensor array with sixteen sensor arrays coated with a lipid membrane is used to objectively test the characteristics of the data pattern of the liquid test sample. The purpose of this research is to create a taste sensor that can classify data patterns from several bottled drinking water according to each group. The method used for data analysis is the linear discriminant analysis (LDA) method, a multivariate technique related to the separation and grouping of objects into one particular group (Grouping). The results of making sensor arrays are divided into several stages. Starting from the sensor probe, interface, and software. The overall data processing process shows that some of the test materials that have been studied using e-tongue can be classified according to the data plots of each group. The aquadest sample used as a control shows that the centroid cluster point of aquadest has a long distance from the centroid cluster point of other bottled drinking water samples.

المستخلص

فلاح ،محمد فجرول. 2021. تصميم مصفوفة حساس اللسان الإلكتروني على أساس الغشاء الدهني لتصنيف أنماط الطعم في مياه الشرب المعبأة باستخدام طريقة LDA. أطروحة. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المشرف : (1) الدكتور إمام تازي ، الماجستير. (2) الدكتور عبد الباسيد ، الماجستير.

الكلمات المفتاحية : لسان إلكتروني ، طعم ، ماء معبأ ، أغشية ، LDA.

يتم استخدام مصفوفة مستشعر اللسان الإلكتروني مع ستة عشر مصفوفة مستشعر مطلية بغشاء دهني لاختبار موضوعي لخصائص نمط البيانات لعينة اختبار السائل. الغرض من هذا البحث هو إنشاء مستشعر طعم يمكنه تصنيف أنماط البيانات من عدة زجاجات مياه شرب وفقاً لكل مجموعة. الطريقة المستخدمة لتحليل البيانات هي طريقة تحليل التمايز الخطي (LDA) ، وهي تقنية متعددة المتغيرات تتعلق بفصل الكائنات وتجميعها في مجموعة واحدة معينة (التجميع). يتم تقسيم نتائج عمل مصفوفات المستشعرات إلى عدة مراحل. بدءاً من مسار المستشعر والواجهة والبرامج. توضح عملية معالجة البيانات الإجمالية أن بعض مواد الاختبار التي تمت دراستها باستخدام اللسان الإلكتروني يمكن تصنيفها وفقاً لمخططات البيانات لكل مجموعة. تُظهر العينة الأكثر كثافة المستخدمة كعنصر تحكم أن نقطة تجمع النقطه الوسطى في مغرم لها مسافة طويلة من نقطة تجمع النقطه الوسطى لعينات مياه الشرب المعبأة الأخرى.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peranan air dari segi biologis bagi tubuh manusia sangat dibutuhkan terutama dalam proses metabolisme. Perkiraan ada sekitar 55% hingga 78% air di dalam tubuh manusia, tergantung dari ukuran badan masing-masing individu. Untuk menghindari dehidrasi, dalam sehari manusia membutuhkan satu sampai tujuh liter air untuk dikonsumsi. Reaksi yang dihasilkan oleh kandungan air membuat suatu senyawa organik dapat melakukan replikasi. Manfaat air telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Fushshilat ayat 39:

وَمِنْ آيَاتِهِ أَنَّكَ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيِي الْمَوْتِ
إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿٣٩﴾

Artinya :*"Dan di antara tanda-tanda-Nya (ialah) bahwa kau Lihat bumi kering dan gersang, Maka apabila Kami turunkan air di atasnya, niscaya ia bergerak dan subur. Sesungguhnya Tuhan yang menghidupkannya, pastilah dapat menghidupkan yang mati. Sesungguhnya Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu"*

Manusia diciptakan oleh Allah Swt sebagai makhluk yang paling sempurna di seluruh alam semesta. Salah satu bentuk anugerah yang diberi Allah Swt kepada manusia ialah lidah sebagai indra perasa. Lidah merupakan sekumpulan otot rangka yang ada pada bagian lantai mulut dan berfungsi untuk membantu proses pencernaan makanan dengan mengunyah dan menelan. Lidah juga membantu seseorang untuk mengolah suatu kata ketika sedang berbicara. Lidah memiliki sel-sel saraf berupa neuron sensorik yang berfungsi untuk mendeteksi bahan kimia yang terkandung dalam suatu makanan maupun minuman.

Kandungan bahan kimia yang ada dalam suatu makanan dan minuman dapat menimbulkan rasa yang akan dideteksi oleh sel saraf neuron sensorik pada lidah. Lima rasa dasar yang dapat dideteksi oleh lidah yaitu rasa asam, rasa asin, rasa pahit, rasa manis, dan umami. Komponen bahan kimia yang terdapat pada lima rasa dasar tersebut berbeda-beda, sehingga lidah dapat mengklasifikasi rasa dari setiap bahan kimia yang dideteksi.

Di zaman modern saat ini, banyak sekali ditemui produk air minum yang dikemas dalam bentuk kemasan yang praktis, higienis, dan dapat diminum secara langsung tanpa harus dimasak terlebih dahulu. Untuk menghasilkan kualitas air minum yang bagus, beberapa perusahaan yang memproduksi air minum dalam kemasan tersebut memiliki tim riset khusus dalam meneliti kandungan air dengan menggunakan teknologi yang canggih sebelum diperjual belikan dan dikonsumsi oleh masyarakat umum. Alat yang digunakan para peneliti kebanyakan masih impor dari negara lain dan dibandrol dengan harga yang sangat mahal. Akan tetapi, sampai saat ini masih ada perusahaan lokal yang menggunakan cara konvensional dalam menentukan kualitas suatu produk minuman, dan mereka memanggilnya dengan sebutan *tester* (alat pengetes) yang hanya menggunakan lidah manusia sebagai parameternya.

Kemampuan *tester* lidah manusia sejauh ini dikatakan metode yang realistis untuk mendapatkan informasi rasa, namun masih terdapat kelemahan diantaranya memiliki objektivitas rendah, kurang konsisten, dan sulit untuk diprediksi. Hal ini dikarenakan beberapa faktor manusiawi seperti keragaman individual terhadap cita rasa, kurang sensitive terhadap rasa tertentu, kelelahan dan mental dari manusia itu sendiri (Banerjee, 1993).

Togari dkk., 2004 membuat alternatif lain dengan sebuah metode analitik konvensional yang digunakan sebagai *tester* rasa dari suatu makanan dan minuman. Akan tetapi, metode ini sangat sulit diterapkan secara langsung pada reliata yang ada. Dikarenakan adanya senyawa dalam suatu larutan yang kompleks. Sedangkan untuk mengenali senyawa-senyawa yang kompleks tersebut membutuhkan peralatan canggih yang memiliki spesifikasi kerja sangat tinggi. Harganya pun sangat mahal jika digunakan dalam bidang kali ini secara *repeatable*, dan memerlukan seorang ahli dalam mengoprasikannya.

Peningkatan perkembangan zaman dari tahun ke tahun membuat manusia khususnya para ilmuwan berlomba-lomba dalam menciptakan suatu alat teknologi yang canggih dan tepat guna. Salah satunya adalah sebuah alat rekayasa indra manusia diantaranya mata elektronik (*E-Eye*), hidung elektronik (*E-Nose*), dan Lidah Elektronik (*E-Tongue*). Sensor tersebut diciptakan dengan berbagai manfaat untuk kebutuhan industri (Rattanawarinchai dkk., 2017).

Lidah elektronik atau yang sering disebut dengan *E-Tongue* merupakan suatu instrumentasi elektronika yang fungsinya dibuat menyerupai lidah manusia pada umumnya. *E-Tongue* dibangun dengan adanya beberapa larik sensor (*array sensor*) berbasis membran selektif ion dan dapat menghasilkan sinyal tegangan. Setiap larik sensor memiliki respon potensial yang berbeda terhadap sampel uji sehingga berpengaruh pada pola sinyal yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan perbedaan jenis lipid dan plasticizer pada membran. Suatu pola yang dihasilkan tersebut kemudian dilatih untuk mengenali respon dari beberapa sampel uji. Seperti halnya pola sinyal yang dihasilkan oleh indra manusia yang didapatkan secara kualitatif, kemudian sinyal tersebut diinterpretasikan oleh otak manusia.

Kombinasi lipid dan polimer pada setiap membran dibuat dengan tujuan agar bisa memiliki sistem selektivitas global. Jenis lipid yang digunakan sangat menentukan sifat selektivitas setiap membran (Toko, 2013).

Untuk pengembangan penelitian mengenai sistem *array* sensor pendeteksi pola rasa, maka dilakukan penelitian bersama Tim Riset Sensor di Laboratorium Riset Atom dan Sensor UIN Maulana Malik Ibrahim. Tim Riset Sensor ini juga fokus dalam pengembangan penelitian hidung elektronik (*E-Nose*) dan lidah elektronik (*E-Tongue*) untuk pengujian klasifikasi pola rasa makanan dan minuman.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, peneliti berkeinginan untuk membuat suatu perangkat instrumentasi *array* sensor *E-Tongue* berbasis membran lipid yang akan digunakan untuk mengetahui hasil uji terhadap klasifikasi pola rasa dari beberapa produk air minum dalam kemasan dengan menggunakan metode linear discriminant analysis (LDA). Diharapkan dari penelitian ini dapat mengetahui karakteristik perbedaan atau klasifikasi air minum dalam kemasan dari analisis pola data yang didapat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancang bangun pembuatan hardware dan software *array* sensor *E-Tongue* berbasis membran lipid?
2. Bagaimana klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan menggunakan metode *linear discriminant analysis* (LDA)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui langkah-langkah dalam membuat hardware dan software *array* sensor *E-Tongue* berbasis membran lipid.
2. Untuk mengetahui hasil klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan menggunakan metode *linear discriminant analysis* (LDA).

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel penelitian menggunakan beberapa produk air minum dalam kemasan lokal dan nasional.
2. Menggunakan enam belas jenis membran lipid berbasis selektif ion.
3. Hasil yang didapatkan hanya berupa klasifikasi dari pola karakteristik data.
4. Sistem *array* sensor *E-Tongue* ini tidak dapat digunakan untuk menentukan kuantitas dan komposisi kimia yang terkandung dalam sampel uji.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi terkait cara pembuatan *array* sensor berbasis membran lipid untuk klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan menggunakan metode *linear discriminant analysis* (LDA).
2. Sebagai sumber informasi awal untuk menunjang penelitian selanjutnya pada bidang rancang bangun dan akuisisi data *array* sensor *E-Tongue*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)

Air minum dalam kemasan atau disingkat dengan AMDK, merupakan air yang diolah melalui sebuah proses sterilisasi menggunakan teknologi modern dan dikemas ke dalam beberapa ukuran, hingga kemudian bisa diminum langsung oleh konsumen. Desain ukuran produk AMDK sangat bervariasi mulai dari, botol 330ml, botol 600ml, botol 1500ml, gelas 240ml, gallon 19L, dsb. Produk yang sangat familiar di masyarakat modern ini dahulu kala sekitar tahun 1970 merupakan suatu barang yang susah ditemukan, dan tidak sembarang orang yang bisa membeli dan mendapatkannya. Hal ini dikarenakan air minum kemasan pada zaman itu bukan menjadi produk lokal, melainkan masih menjadi produk impor. Biasanya produk tersebut kala itu tersedia di hotel berbintang dan hanya bisa dinikmati oleh kalangan tertentu (Ma'ruf, Muhammad. 2009).

Sejarah terciptanya AMDK pertama kali di Indonesia tidak lepas dari produk bermerk Aqua. Hal ini dikarenakan Aqua menjadi produk AMDK pertama yang diproduksi di negara Indonesia. Ide terwujudnya AMDK pertama kali tersebut dicetuskan oleh warga asli wonosobo bernama Tirto Utomo. Ketika bekerja di Pertamina, saat itu ia kerap kesulitan untuk mencari air minum untuk para tamu yang berasal dari luar negeri. Disaat itu pula dia langsung berinisiatif untuk mendirikan dan membuat produk air minum kemasan (Ma'ruf, Muhammad. 2009).

Sebelum mendirikan perusahaan, Tirto bersama saudaranya mulai magang dan mempelajari cara memproses air minum dalam kemasan di perusahaan luar

negeri. Tirta sendiri belajar di Bangkok, Thailand dan adiknya Slamet Utomo belajar di Polaris, sebuah perusahaan AMDK yang sudah beroperasi belasan tahun lamanya. Maka dari itu, tidak mengherankan jika desain dan bahan produk aqua mulai dari mesin pengolahan air, mesin pengisi botol, dan mesin pencuci botol yang menyerupai bentuk Polaris. Setelah berjuang mempelajari ilmu di luar negeri, pada akhirnya kedua bersaudara tersebut berhasil mendirikan PT Golden Mississippi pada tahun 1973. Pabrik pertama didirikan di daerah Bekasi dengan kapasitas produksi enam juta liter per tahunnya. Awal mula produk ini diberi nama puritas (*Pure Artesian Water*), lambat laun pada bulan Oktober 1974 nama tersebut diganti menjadi aqua dikarenakan cocok dan mudah untuk diucapkan. Karena persaingan dagang semakin ketat dan semakin banyak juga perusahaan yang memproduksi air minum kemasan, maka pada 4 September 1998 secara resmi perusahaan tersebut diambil alih oleh pihak Danone. Meski demikian, sampai saat ini produk aqua terus berkembang dan masih bisa dinikmati oleh berbagai kalangan di masyarakat Indonesia (Ma'ruf, Muhammad. 2009).

Air minum yang dikemas dalam bentuk kemasan yang praktis, sudah pasti higienis dan terjamin kualitasnya. Dikarenakan perusahaan air minum kemasan sudah memenuhi persyaratan kesehatan. (Menkes RI, 2010) mengatakan bahwa air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan adalah air minum yang layak untuk dikonsumsi secara langsung, baik setelah mengalami proses pengolahan menggunakan teknologi modern, atau bisa juga air yang tidak melalui proses pengolahan akan tetapi memiliki kualitas air yang bagus.

Iswadi dkk., 2012 menjelaskan bahwa air tawar merupakan air yang baik untuk dikonsumsi. Air tawar pada umumnya berupa air tanah yang banya

ditemukan di daerah tropis. Perusahaan air minum dalam kemasan rata-rata memproduksi minuman dari air yang berasal di pegunungan. Karna air yang ada di daerah pegunungan merupakan jenis air tawar yang murni, jernih, dan bersih. Air tawar merupakan air yang dapat dikonsumsi dan sangat dianjurkan oleh para peneliti untuk mencukupi kebutuhan hidup sehari-hari. Bukti bahwa tiap air itu memiliki karakteristik yang berbeda-beda jenisnya sesuai dengan sumber turunnya atau munculnya air tersebut di bumi. Air yang turun di satu daerah, akan berbeda dengan air yang turun di daerah lainnya. Hal ini telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Mukminun ayat 18:

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ ﴿١٨﴾

Artinya : *“Dan Kami turunkan air dari langit menurut suatu ukuran; lalu Kami jadikan air itu menetap di bumi, dan sesungguhnya Kami benar-benar berkuasa menghilangkannya.”*

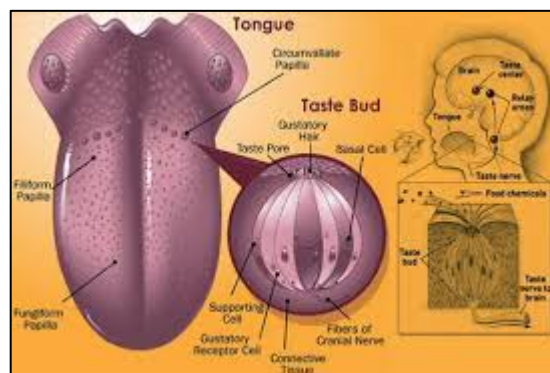
2.2 Indra Pengecap

Manusia memiliki indra pengecap yang berfungsi untuk memilah makanan maupun minuman sesuai dengan rasa yang diinginkan. Lidah memiliki reseptor khusus yang dapat merespon perubahan substansi kimia, hal inilah yang membuat lidah dapat mengenali dan membedakan berbagai jenis rasa. Lapisan mukosa yang ada pada bagian atas lidah, terdapat sebuah tonjolan-tonjolan yang tidak rata yang disebut dengan papilla. Fungsi papilla ini sebagai reseptor yang digunakan lidah untuk membedakan rasa dari suatu zat kimia yang terkandung dalam makanan dan minuman (Wreksoatmodjo, 2004).

Perbedaan respon rasa yang terjadi timbul akibat adanya deteksi kimia oleh reseptor khusus yang ada di ujung sel pengecap (*taste buds*). Sel pengecap ini

merupakan sel epitel yang memiliki lipatan permukaan (mikrovili) yang banyak dan sedikit menonjol. Membran plasma yang terdapat pada mikrovili mengandung reseptor yang berikatan secara selektif dengan molekul zat kimia. Zat kimia yang dapat berikatan dengan sel reseptor pada mikrovili, hanyalah zat kimia yang telah larut dalam air liur yang mengandung enzim ptialin (Amerongen, 1991).

Sel pengecap (*taste buds*) juga memiliki sel reseptor kecap (*gustatoris*) dengan beberapa tipe reseptor rasa yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi 5 rasa dasar. Dari beberapa tipe sel reseptor, akan ada satu tipe yang merespon secara sensitif terhadap zat kimia yang dirasakan pada seluruh permukaan lidah (Jacewicz, 2008).



Gambar 2.1 Taste Buds pada Lidah (Himanshu dkk., 2015).

Terdapat 5 rasa dasar yang dapat teridentifikasi oleh lidah sampai saat ini yaitu, rasa manis, rasa asam, rasa asin, rasa pahit, dan umami.

1. Rasa Manis

Beberapa jenis zat kimia yang menyebabkan rasa manis ini meliputi gula, glikol, alkohol, aldehida, keton, amida, ester, asam amino, asam sulfonate, asam halogen, dan garam organik yang berasal dari timah hitam dan beryllium. Zat yang terkandung dalam gula senyawa lainnya tidak langsung dideteksi oleh sel

rasa. Akan tetapi, sel reseptor akan mengikat senyawa tersebut dengan G-Protein. Protein ini diatur oleh Guanin Trifosfat (Irianto, 2012).

2. Rasa Asam

Salah satu senyawa yang menyebabkan reaksi sensasi rasa asam dan dapat masuk ke dalam sel rasa secara langsung adalah Ion hydrogen (Irianto, 2012).

3. Rasa Asin

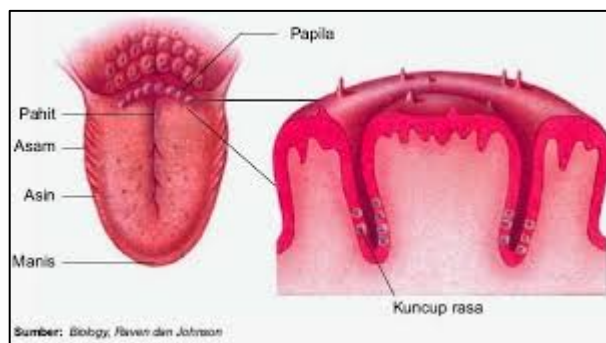
Garam dapur (NaCl) merupakan zat yang dapat menimbulkan rasa asin. Ion natrium masuk melalui kanal ion pada mikrovili, sehingga sel rasa dapat bereaksi (Irianto, 2012).

4. Rasa Pahit

Zat yang sering menyebabkan rasa pahit adalah zat organik rantai panjang yang berisi nitrogen dan alkaloid. Zat ini bereaksi melalui G-protein dan biasanya digunakan sebagai bahan obat-obatan di kalangan kedokteran (Irianto, 2012).

5. Rasa Umami

Pada dasarnya umami berasal dari Bahasa Jepang yang artinya “Meaty” atau “Savory” (enak, sedap, lezat). Rasa ini ditimbulkan oleh glutamat, yakni asam amino yang banyak terdapat pada protein daging dan ikan. Zat ini juga bereaksi melalui G-protein (Irianto, 2012).



Gambar 2.2 Posisi Rasa pada Papilla Lidah (Himashu dkk., 2015).

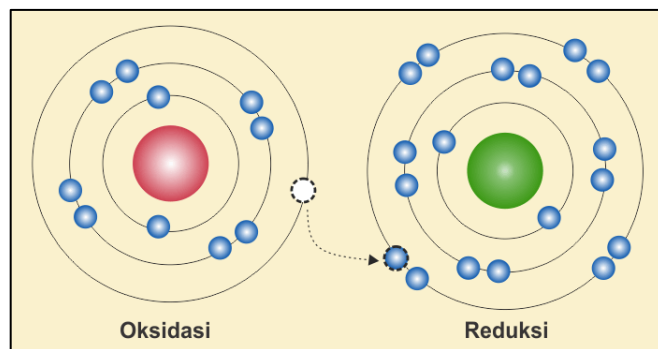
2.3 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan suatu ilmu yang mempelajari aspek elektronik dari reaksi kimia yang terjadi. Elemen dalam reaksi tersebut dikarakterisasikan dengan banyaknya elektron yang dimiliki. Elektrokimia juga menganalisis reaksi kimia yang dapat menimbulkan tegangan listrik. Konversi energi dari bentuk kimia menjadi listrik, dan juga sebaliknya merupakan pengertian inti dari elektrokimia (Wahab, 2014).

Di dalam reaksi elektrokimia dapat dipelajari adanya korelasi antara konsentrasi larutan dengan potensial listrik (potensiometri), konsentrasi larutan dengan daya hantar listrik (koulometri), konsentrasi larutan dengan potensial dan arus listrik (Hendayana dkk., 1994).

Salah satu konsep dasar suatu reaksi yang terjadi di elektrokimia adalah konsep reduksi dan oksidasi (redoks). Pelepasan atau berkurangnya elektron biasa disebut dengan oksidasi, merupakan proses perpindahan elektron dari satu spesi atom ke spesi atom yang lain. Sedangkan proses penangkapan atau penambahan elektron biasa disebut dengan reduksi. Proses reaksi redoks menandakan adanya elektron yang mengalir. Aliran elektron tersebut merupakan suatu indikasi terjadinya arus listrik. Perpindahan elektron mengakibatkan terjadinya perubahan muatan atom yang berikatan. Berubahnya struktur muatan atom yang terkandung

dalam suatu sampel uji tersebut yang selanjutnya dijadikan sebuah konsep reaksi redoks (Khopkar, 1990).



Gambar 2.3 Reaksi Oksidasi Reduksi (Hendayana dkk., 1994).

2.4 Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah jaringan listrik seperti elektrolit. Nilai potensial dari elektroda kerja tidak dapat ditentukan, hal ini membuat pengukuran nilai elektroda kerja menjadi relatif. Sehingga dibutuhkan elektroda referensi atau elektroda pembanding yang memiliki potensial stabil (Michael, Faraday. 1834).

Kobayashi, 2010 merumuskan nilai relatif dari potensial kerja dengan persamaan berikut:

$$V = V_s - V_r \quad (2.1)$$

Dimana nilai V adalah beda potensial, V_r adalah nilai tetapan potensial dari elektroda pembanding, dan V_s adalah nilai potensial dari elektroda kerja.

2.4.1 Elektroda Kerja (*Electrode Indicator*)

Underwood, 1999 menjelaskan fungsi elektroda indikator (elektroda kerja) sebagai tempat terjadinya suatu reaksi yang diinginkan dan merupakan suatu

elektroda yang potensial elektrodanya bergantung terhadap konsentrasi (aktivitas) analit yang diukur (vogel).

Elektroda kerja memiliki karakteristik yang ideal dikarenakan memiliki daerah potensial yang lebar, hambatan yang kecil, dan permukaan yang reproduisibel. Perbedaan bahan elektroda dan komposisi dari suatu senyawa elektrolit mempengaruhi daerah potensial masing-masing elektroda, sehingga daerah potensial tersebut bisa disesuaikan. Secara tidak langsung, elektroda kerja ini menunjukkan bahwa memiliki fungsi untuk merespon reaksi kimia (Fifield & Haines, 1995).

Secara umum, elektroda kerja dikelompokkan menjadi dua bagian, dan dari kedua bagian tersebut terbagi menjadi beberapa jenis yaitu:

A. Elektroda indikator logam

1. Elektroda jenis pertama

Elektroda logam adalah sebuah elektroda yang terbuat dari logam murni atau bisa juga kawat yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit, sehingga elektroda logam dapat mempertukarkan ionnya secara langsung dengan logamnya. Potensial elektroda logam merupakan fungsi dari konsentrasi M^{n+} dalam $M^{n+}|M$ reaksi setengah redoks. Elektroda jenis pertama ini tidak banyak digunakan dikarenakan dalam penggunaannya yang sangat tidak selektif. Terkadang elektroda logam bereaksi dengan kation lain yang mudah tereduksi, sehingga dapat dengan mudah teroksidasi (William L, Masterton. 2009).

2. Elektroda jenis kedua

Elektroda logam yang potensialnya merupakan fungsi dari konsentrasi X dalam $MX_n|M$ reaksi setengah redoks. Logam merespon kation dan anion yang membentuk endapan sedikit larut dan kompleks stabil terhadap kation. Elektroda jenis kedua memiliki ion-ion yang tidak bertukar elektron langsung dengan elektrodanya. Anion akan mengatur konsentrasi kation yang menukar elektron dengan elektroda (Harvey, David. 2000).

3. Elektroda redoks

Elektroda inert (tidak mudah bereaksi terhadap zat tertentu) yang dapat menjadi sumber elektron bagi reaksi setengah redoks.

B. Elektroda indikator membran

1. Potensial membran

Suatu perubahan potensial pada sebuah membran konduktif dimana sisi yang berlawanan kontak (berhubungan) dengan sebuah larutan yang memiliki komposisi berbeda.

2. Elektroda selektif ion

Sebuah elektroda yang potensial membrannya merupakan fungsi konsentrasi dari satu ion tertentu.

3. Elektroda kaca

Sebuah elektroda selektif ion berdasarkan membrane kaca yang potensialnya terbentuk dari reaksi pertukaran ion pada permukaan membran.

4. Elektroda membran kristal

Sebuah elektroda selektif ion yang didasarkan pada kelarutan yang kecil dari bahan kristal anorganik. Bukan hanya sebuah kaca saja yang selektif

terhadap kation, akan tetapi beberapa zat padat lainnya juga selektif terhadap ion. Elektroda ini mampu merespon ion fluorida sampai konsentrasi 10^{-5}M .

5. Elektroda membran liquid

Sebuah elektroda selektif ion dimana chelating agen dimasukkan ke dalam membran hidrofobik. Membran pada elektroda ini menggunakan cairan yang tidak bercampur dengan air. Elektroda membran cairan menghasilkan potensial dari kedua larutan yang mengandung analit dan *liquid-ion exchanger*. Cairan tersebut akan mengikat dengan selektif ion yang akan ditetapkan (Skoog dkk., 2004).

2.4.2 Elektroda Pembanding (*Electrode Reference*)

Elektroda pembanding merupakan elektroda yang mempunyai potensial elektrokimia konstan dan sama sekali tidak peka terhadap komposisi larutan yang akan diteliti. Fungsi dari elektroda pembanding ini adalah untuk mengukur potensial pada elektroda kerja, dimana potensial elektroda kerja bergantung pada konsentrasi zat yang akan digunakan (Kahlert, Heike. 2010).

Beberapa syarat harus diperhatikan dalam pemilihan sebuah elektroda pembanding, sehingga pada waktu uji coba nantinya akan menghasilkan nilai yang sesuai dengan teori yang ada. Hal yang perlu diperhatikan ketika memilih elektroda pembanding, yakni:

- a. Elektroda pembanding harus memiliki persamaan Nerst bersifat reversible.
- b. Memiliki potensial elektroda yang konstan oleh waktu.
- c. Kembali pada potensial semula apabila dialiri arus yang kecil.
- d. Hanya memiliki efek hysteresis yang kecil jika diberi suatu siklus suhu.
- e. Merupakan elektroda yang bersifat non-polarisasi secara ideal.

Elektroda pembanding (*Electrode Reference*) memiliki dua macam jenis, diantaranya adalah:

1. Elektroda Kalomel (*Saturated Calomel Electrode*)

Merupakan elektroda yang terdiri dari lapisan Hg yang ditutupi dengan pasta merkuri (Hg), merkuri klorida (Hg_2Cl_2) dan kalium klorida (KCL).

2. Elektroda Perak / Perak Klorida

Merupakan elektroda yang terdiri dari suatu elektroda perak yang dicelupkan ke dalam larutan KCL yang dijenuhkan dengan AgCl.



Gambar 2.4 *Electrode Reference* HI-5311 (Hannainstruments, 2018)

HI-5311 adalah salah satu produk dari perusahaan (Hanna Instruments Ltd) yang berfungsi sebagai elektroda pembanding. Body HI-5311 ini berbahan material kaca yang di dalam kaca terdapat elektrolit berupa KCl 3.5M. juga terdapat persimpangan ganda sebuah elektroda referensi setengah sel. Konektor dari elektroda tersebut memakai konektor tipe *banana connector* dengan lebar diameter 4mm, dan juga kabel sepanjang 1m. Memiliki sambungan keramik tunggal di sel referensi luar. Alat ini mampu digunakan dalam suhu mulai dari -5 hingga 100°C. Secara spesifik, alat ini dibuat untuk deteksi pH, ORP, atau selektif ion, serta digunakan dalam berbagai titrasi (Hannainstruments, 2018).

2.5 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik maupun kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut dengan Transduser. Perkembangan sensor sampai saat ini terus mengalami peningkatan. Para peneliti berlomba-lomba mengembangkan sensor dalam bentuk sangat kecil dengan orde nanometer. Selain praktis, hal ini bertujuan untuk memudahkan pemakaian dan menghemat energi, dan yang terpenting adalah efisien (Jacob, Fraden. 2010).

Tujuan dari sensor adalah untuk menanggapi beberapa jenis besaran fisik masukan (stimulus) dan mengkonversinya menjadi sinyal listrik yang terhubung dengan rangkaian elektronik. Sensor juga dapat diartikan sebagai penerjemah nilai suatu besaran non-listrik ke dalam nilai besaran listrik. Sinyal keluaran sensor dapat berupa muatan listrik, arus, dan tegangan. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa sensor memiliki sifat masukan apapun dan menghasilkan sifat keluaran listrik (Jacob, Fraden. 2010).

Dalam pengembangan kemajuan teknologi, Sensor terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah:

1. Sensor Fisika

Sensor fisika mendeteksi suatu besaran yang berasal dari fenomena fisika yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Fenomena fisika yang dimaksud disini adalah: gaya, tekanan, temperatur, dan sebagainya berdasarkan hukum-hukum fisika.

2. Sensor Kimia

Sensor kimia dapat bekerja dengan mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara merubah besaran kimia menjadi besaran listrik, sehingga harus melibatkan reaksi kimia. Informasi kimia dari konsentrasi yang terkandung dalam suatu zat ini diubah oleh sensor kimia menjadi sebuah sinyal listrik.

2.6 Lidah Elektronik (*E-Tongue*)

Lidah elektronik atau lebih dikenal dengan sebutan (*E-Tongue*) merupakan prototipe elektronik yang dibuat sebagai sensor pendeteksi rasa dan mempunyai sistem selektivitas global. Alat ini merupakan perwujudan dari rekayasa lidah manusia sebagai alat indra. *E-Tongue* terdiri dari beberapa sensor yang dipasang dalam bentuk larik sensor (*array sensor*). Larik sensor menghasilkan sebuah sinyal terhadap setiap komponen bahan kimia tertentu. Sinyal tersebut berupa pola dari gabungan sinyal yang dihasilkan, dalam hal ini terkait dengan rasa (Toko, 2013).

Prinsip kerja *E-Tongue* diambil dari analogi kerja lidah pada manusia, dimana ketika reseptor lidah merespon sebuah rasa dari suatu zat kimia yang telah bereaksi, kemudian menghasilkan pola sinyal secara kualitatif yang kemudian akan diinterpretasikan oleh otak manusia. Sedangkan pada lidah elektronik, ketika *array sensor* yang dilapisi membran lipid berinteraksi dengan suatu zat kimia, maka *array sensor* akan merespon dan mendeteksi sinyal. Membran lipid yang digunakan pada larik sensor memiliki karakteristik bahan yang berbeda, sehingga setiap membran akan memiliki beda potensial jika berinteraksi dengan suatu zat kimia. Sinyal yang dihasilkan kemudian diteruskan ke sebuah perangkat mikrokontrol guna akusisi data (Toko, 2013).

Selektivitas sensor rasa akan lebih bagus jika memiliki *array* sensor berupa membran lipid lebih dari satu (multichannel) yang mengubah beberapa zat kimia menjadi sebuah informasi sinyal yang dihasilkan. Output sinyal dapat dianalisis dengan perangkat komputer, hingga dapat menunjukkan hasil pola yang berbeda dari masing-masing kelompok zat kimia yang telah diuji. Meski pada awalnya sensor ini hanya fokus dalam penelitian rasa dalam bentuk cairan, akan tetapi sensor ini masih terus dikembangkan dan dievaluasi untuk pengujian berbagai produk makanan (Nakamura dkk., 2002).

Array sensor pada lidah elektronik merupakan elektroda yang selektif ion (ESI), yang menganalisis data menggunakan analisis multivariate atau disebut dengan jaringan saraf tiruan (Toko, 2013). Selektivitas ion dapat terjadi dikarenakan adanya membran lipid yang menempel pada tiap elektroda.

2.7 Membran Lipid

Membran adalah selaput atau suatu lembaran bahan tipis yang berfungsi sebagai pemisah antara dua komponen secara selektif dan spesifik. Membran dapat menjadi lapisan pemisah dua fasa dan mengatur perpindahan massa dari kedua fasa yang terpisah. Cara membran dalam memisahkan dua komponen yakni, dengan menahan atau melewatkan salah satu dari komponen dengan pergerakan lebih cepat dari komponen lainnya. Beberapa metode dalam pembuatan membran adalah dengan cara pengepresan, *spin coating*, pelelehan, dan pengembalian fase (Hayashi, 2008).

Peran membran lipid pada lidah elektronik sangat penting guna mendeteksi rasa dari zat kimia. Pada setiap permukaan elektroda yang terdapat pada larik sensor direkatkan membran lipid artifisial yang berfungsi layaknya reseptor lidah

manusia. Karakteristik membran yang ada pada tiap larik sensor dirancang berbeda satu dengan lainnya. Hal ini bertujuan agar terjadi perbedaan potensial pada setiap sensor yang dihasilkan. Keluaran pola sinyal yang terjadi pada tiap membran sensor, selanjutnya diproses lebih lanjut menggunakan perangkat lunak untuk mengevaluasi rasa secara objektif (Hayashi, 2008).

Komponen utama penyusun membran adalah lipid atau polimer, dioktil ftalat (DOP) sebagai *plasticizier*, polivinil klorida (PVC) sebagai matriks pendukung, dan THF yang digunakan sebagai pelarut. (Jazuly, 2016) membuat lidah elektronik dengan enam belas *array* sensor berbasis membran lipid yang berbeda. Berikut adalah komposisi dari pembuatan membran lipid pada *array* sensor lidah elektronik:

Tabel 2.1 Komposisi Membran Lipid

No. Sensor	Material Aktif Lipid (3%)	Plazticizer (65%)	Matrix (32%)
S1	Oktadesilamina	2-NPOE	PVC
S2	Oleil Alkohol	2-NPOE	PVC
S3	Metiltrioktilammonium klorida	2-NPOE	PVC
S4	Asam oleat	2-NPOE	PVC
S5	Oktadesilamine	Bis(2-etilheksil) sebakat	PVC
S6	Oleil Alkohol	Bis(2-etilheksil) sebakat	PVC
S7	Metiltrioktilammonium klorida	Bis(2-etilheksil) sebakat	PVC
S8	Asam oleat	Bis(2-etilheksil) sebakat	PVC
S9	Oktadesilamine	Bis(2-etilheksil) fosfat	PVC
S10	Oleil Alkohol	Bis(2-etilheksil) fosfat	PVC
S11	Metiltrioktilammonium klorida	Bis(2-etilheksil) fosfat	PVC
S12	asam oleat	Bis(2-etilheksil) fosfat	PVC
S13	Oktadesilamine	Bis(1-butilpentil)	PVC

		adipat	
S14	Oleil Alkohol	Bis(1-butylpentil) adipat	PVC
S15	Metiltrioktilammonium klorida	Bis(1-butylpentil) adipat	PVC
S16	Asam oleat	Bis(1-butylpentil) adipat	PVC

2.8 Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik yang bersifat *open source*. Tujuan diciptakan alat ini adalah untuk membaca input yang kemudian diproses hingga menimbulkan suatu output, sehingga memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino memiliki beberapa komponen diantaranya adalah chip mikrokontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Chip ini merupakan sesuatu yang paling penting yang ada pada komponen di Arduino. Sebuah chip tersebut dapat diibaratkan sebagai otak dari perangkat elektronik, dikarenakan chip mikrokontrol ini berfungsi sebagai pengendali sekaligus memproses perangkat elektronika dari sebuah perintah yang akan diinginkan (Massimo dkk., 2014).

Arduino ditemukan dan diciptakan oleh Hernando Barragan di Institute Ivrea, Italia pada tahun 2005. Arduino juga dikembangkan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dan diberi nama *Arduin of Ivera*, hingga pada akhirnya diganti nama menjadi Arduino. Tujuan mereka membuat Arduino adalah untuk membuat suatu perangkat yang mudah, praktis, dan ekonomis dari perangkat yang ada pada saat itu. Sehingga kebanyakan orang bisa membeli dan menggunakannya sebagai bahan edukasi. Seiring dengan perkembangan zaman, arduino menjadi piranti elektronika yang multifungsi dalam pembuatan alat-alat teknologi canggih yang ada pada saat ini (Massimo dkk., 2014).

2.8.1 Hardware Arduino

Perangkat keras (hardware) dari arduino berbentuk papan board dengan beberapa komponen yang menempel. Berikut adalah *board* Arduino UNO R3:



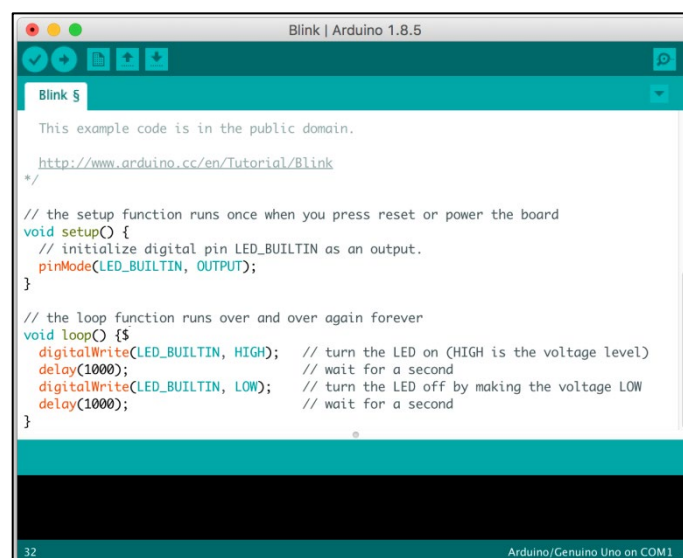
Gambar 2.5 Arduino UNO R3 (<https://arduino.cc>)

Spesifikasi Arduino UNO R3 adalah sebagai berikut:

1. Power USB
2. Power (Barrel Jack)
3. Voltage Regulator
4. Crystal Oscillator
5. Arduino Reset
6. Pin Analog
7. Ground
8. Vin (3,3 & 5 Volt)
9. Mikrokontrol Utama
10. Indikator LED Daya
11. LED TX dan RX
12. Digital I/O

2.8.2 Software Arduino (IDE)

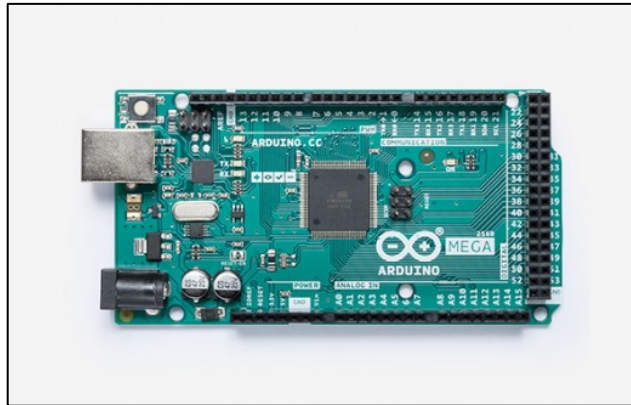
Perangkat lunak (software) adalah istilah khusus untuk data yang diformat dan disimpan secara digital, serta berbagai informasi lainnya yang bisa dibaca dan ditulis oleh computer. Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah platform yang digunakan untuk interaksi dan komunikasi dengan hardware arduino.



Gambar 2.6 Software Arduino IDE (<https://arduino.cc>)

2.8.3 Arduino Mega 2560

Mirip dengan Arduino Uno R3, sama-sama menggunakan USB type A to B untuk pemrogramannya. Tetapi Arduino Mega menggunakan chip yang lebih tinggi yaitu ATMEGA 2560. Bukan hanya itu, Pin I/O Digital dan pin input Analognya lebih banyak daripada Arduino Uno R3.



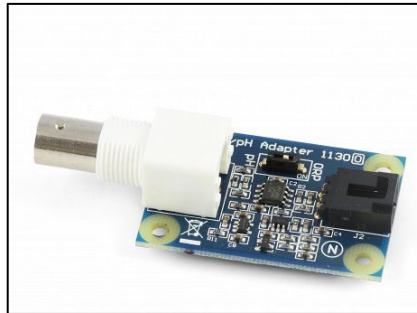
Gambar 2.7 Arduino Mega 2560 (<https://arduino.cc>)

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Komponen	Spesifikasi
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (Limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of Which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB (of which 8 KB used by bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

2.9 pH/ORP Adapter

pH/ORP Adapter berinteraksi dengan pH atau ORP dari sebuah kaca elektroda melalui konektor BNC dan kemudian mengumpulkan data ke input analog pada papan *board interface*. Alat ini memiliki fungsi untuk mengukur kadar pH pada suatu larutan zat kimia, merekam data reaksi redoks, dan memantau konsentrasi ion dan gas.

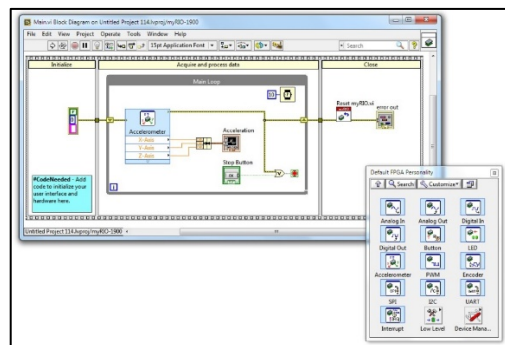


Gambar 2.8 pH/ORP Adapter 1130 (<https://phidgets.com>)

Tabel 2.3 Spesifikasi pH/ORP Adapter 1130

Sensor Properties	
Controlled By	Voltage Input (0-5V)
Sensor Output Type	Non-Ratiometric
pH Specifications	
pH Input Range	± 400 mV DC
pH Resolution	0.018
pH Error Max	± 0.09
ORP Specifications	
ORP Input Range	± 2 V DC
ORP Resolution	5 mV DC
ORP Error Max	± 8 mV DC
Board	
Current Consumption Max	3 mA
Input Impedance	1 T Ω
Supply Voltage Min	4.5 V DC
Supply Voltage Max	5.3 V DC
Connector Thread Size	1/2-28UNEF-2A

2.10 National Instrument LabVIEW



Gambar 2.9 Tampilan Aplikasi LabVIEW (National Instruments, 2001)

LabVIEW singkatan dari (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi

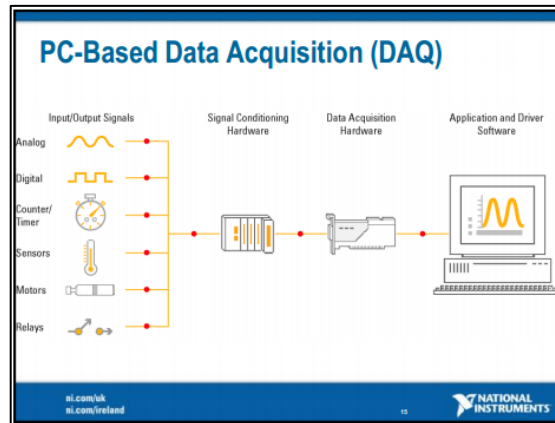
data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi industri yang pertama kali dikembangkan oleh perusahaan National Instruments pada tahun 1986. Perangkat ini bisa dijalankan pada komputer yang memiliki sistem operasi Linux, Unix, Mac OS, dan Windows.

Implementasi LabVIEW sangat banyak digunakan dalam pengaplikasian alat-alat elektronika. Pada pertama kali peluncuran, LabVIEW menjadi pilihan utama bagi para pengembang software. Hal ini dikarenakan fitur yang ada di dalam LabVIEW sangat lengkap dan menarik. Bukan hanya lengkap dan menarik saja, dalam penggunaannya bisa dikatakan simple dan mudah untuk dipahami. Tidak heran jika banyak sekali algoritma yang bisa dipakai dan dipecahkan dalam aplikasi LabVIEW.

Ribuan insinyur dan ilmuwan banyak yang mengapresiasi aplikasi berbasis grafis tersebut. Para insinyur dan ilmuwan kala itu dapat secara efisien merancang dan membuat aplikasi mereka sendiri sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan (Sumathi, 2007).

2.11 Akuisisi Data

Akuisisi data merupakan sebuah sistem yang bertujuan untuk menyiapkan, mengambil, mengumpulkan suatu data hingga memprosesnya untuk mendapatkan suatu data yang diinginkan. Proses tersebut dilakukan secara cepat, *realtime*, dan akurat. Terdapat banyak sekali metode yang digunakan dalam proses akuisisi data. Akuisisi data atau *Data Acquisition* (DAQ) bisa juga dikatakan sebagai proses perubahan data dari sensor menjadi sinyal listrik dan dikonversi lebih lanjut menjadi bentuk digital agar mudah dianalisis dan diproses pada komputer.



Gambar 2.10 Akuisisi Data Sensor Berbasis PC (National Instruments, 2010)

2.12 Linear Discriminant Analysis (LDA)

LDA merupakan sebuah metode dalam ilmu statistika dengan mengenali pola sekaligus training dari suatu data untuk mencari kombinasi linear yang dapat memisahkan dua atau beberapa objek. (Fukunaga, 1990) menjelaskan secara spesifik bahwa metode LDA merupakan suatu teknik multivariat yang berkaitan dengan pemisahan (*separating*) atau klasifikasi dan pengelompokkan objek ke dalam satu kelompok tertentu (*grouping*). Pengenalan objek dalam LDA berfungsi untuk menemukan suatu perbedaan (*discriminant*) secara numeris. Setelah objek teridentifikasi, maka karakteristik dari setiap objek akan diketahui sehingga mampu untuk di sortir dan di *clustering* sesuai dengan kelompoknya (Setiawan, Wahyudi, 2012).

Metode LDA merupakan suatu pendekatan ilmu statistic klasik yang digunakan secara *supervised* dan *classify*. Metode ini juga digunakan untuk menemukan proyeksi matrik yang memaksimumkan rasio antar jarak dalam suatu ruang proyeksi. Tujuan lain dari penggunaan metode LDA antara lain adalah (Christien, 2015):

1. Mengidentifikasi variabel-variabel yang dapat membedakan tiap kelompok kelas suatu pola data.

2. Menggunakan variable yang didapat untuk membuat fungsi-fungsi yang memisahkan tiap kelompok sampel.
3. Menggunakan variabel yang didapat untuk membuat aturan dalam mengklasifikasikan hasil observasi yang akan datang kedalam salah satu kelompok.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen pembuatan prototipe lidah lektronik dengan enam belas *array* sensor berbasis membran lipid yang digunakan untuk klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan September 2019 sampai selesai di Laboratorium Sensor Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang diperlukan pada penelitian ini disajikan dalam sebuah tabel berikut :

Tabel 3.1 Alat-alat Penelitian

No	Nama Alat	Jumlah	Spesifikasi
1.	Magnetic Stirrer	1	-
2.	Stir bar	1	70 mm / 2.75 Inch
3.	Elektroda <i>Refference</i>	1	HI-5311
4.	Elektroda Indikator	1	Lidah Elektronik
5.	Mikro Pipet Tetes	20	Ukuran 100-1000 μ L
6.	Botol Semprot	2	Ukuran 500 ml
7.	Beaker Glass	2	500 ml
8.	Statif	2	100 cm
9.	Botol Membran	16	50 ml
10.	Kabel Pelangi	1	100 cm
11.	Arduino Mega	1	ATMEGA 2560
12.	PCB	2	Luas 400 cm
13.	Db25 Connector	1	Male & Female
14.	Header Socket	1	Male & Female
15.	Banana Jack Plug	1	Female

16.	pH/ORP Adapter	16	Tipe 5311
17.	Solder	1	-
18.	Timah	Secukupnya	-
19.	PC	1	Windows 8.1 64bit
20.	LabVIEW		2014
21.	SPSS		17.0
22.	Origin		2017 64bit
23.	Eagle		-
24.	PCBWizard		-
25.	Arduino IDE		-
26.	Akrilik		-
27.	Lampu Indikator	1	LED warna merah
28.	Pylox	1	Clear

3.3.2 Bahan Penelitian

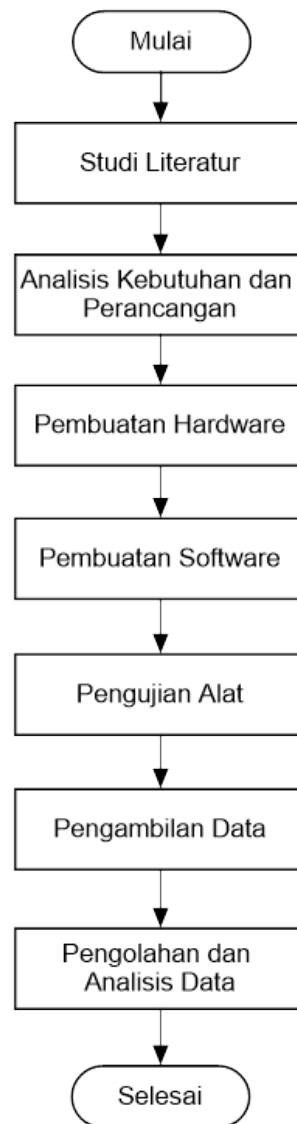
Adapun bahan-bahan penelitian yang diperlukan pada penelitian ini disajikan dalam sebuah tabel berikut:

Tabel 3.2 Bahan-bahan Penelitian

No	Nama Bahan
1.	Lipid; Octadecylamine, Oleyl Alcohol, Methyltrioctylammonium, Oleic Acid.
2.	Plasticizer; 2-NPOE, Bis (2 ethylhexyl) phosphate, Bis(2-Ethylhexyl) sebacate, dan Bis(1-butylpentyl) adipate.
3.	Tetrahydrofuran (THF)
4.	Polyvinyl Clorida (PVC)
5.	Aquades
6.	Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) <ul style="list-style-type: none"> - Purelife - Le-Mineral - Cleo - Agro - Tirta Kanjuruhan - Al-Manna - Aquades

3.4 Prosedur Penelitian

Secara garis besar, pembuatan “*array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid” ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:



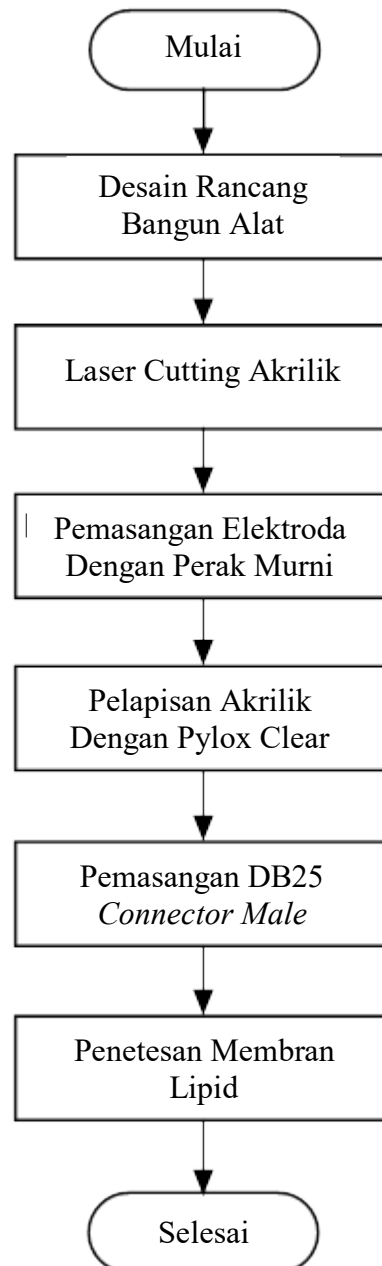
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4.1 Perancangan Hardware

Perangkat keras (Hardware) merupakan sebuah komponen nyata yang dirancang dan dirakit dengan menggunakan bahan-bahan elektronika. Hardware pada sensor lidah elektronik terdiri atas beberapa bagian. Mulai dari Probe sensor sebagai elektroda kerja, yang nantinya akan digunakan untuk berinteraksi langsung dengan sampel uji. Kemudian rangkaian *Socket Interface* yang didalamnya terdapat 16 pH/ORP Adapter, yang berfungsi sebagai penguat, pembaca, dan pengolah sinyal yang keluar dari probe sensor.

1. Pembuatan Probe Sensor

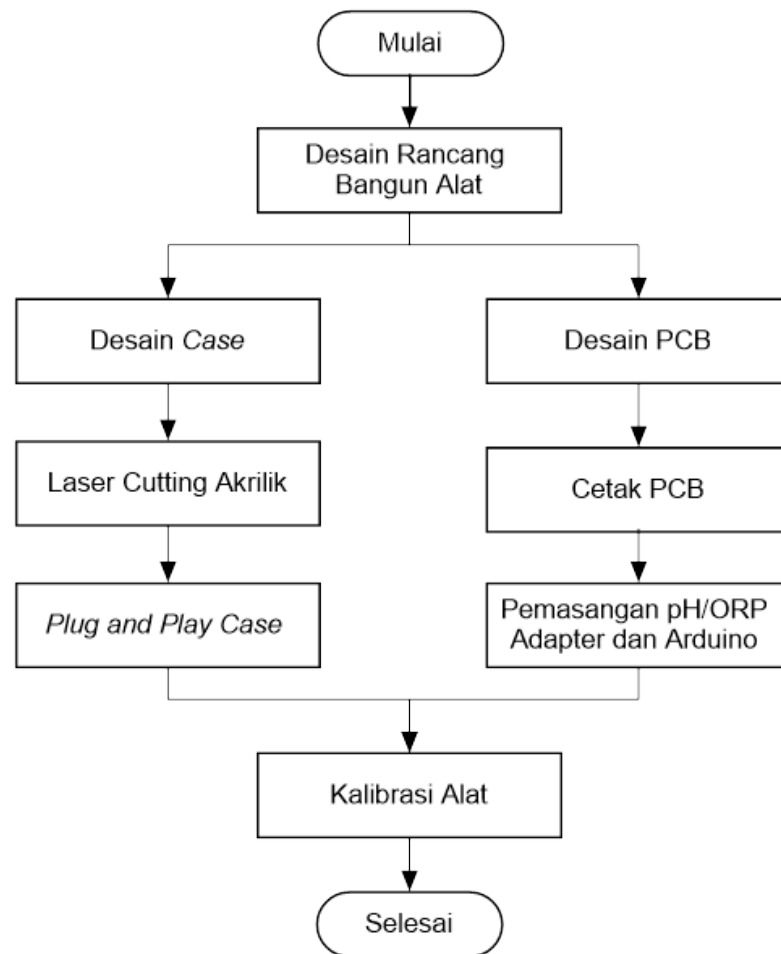
Berikut tahapan pembuatan Probe sensor lidah elektronik:



Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Probe Sensor

2. Pembuatan Rangkaian *Socket Interface*

Berikut tahapan pembuatan rangkaian *Socket Interface* sensor lidah elektronik:

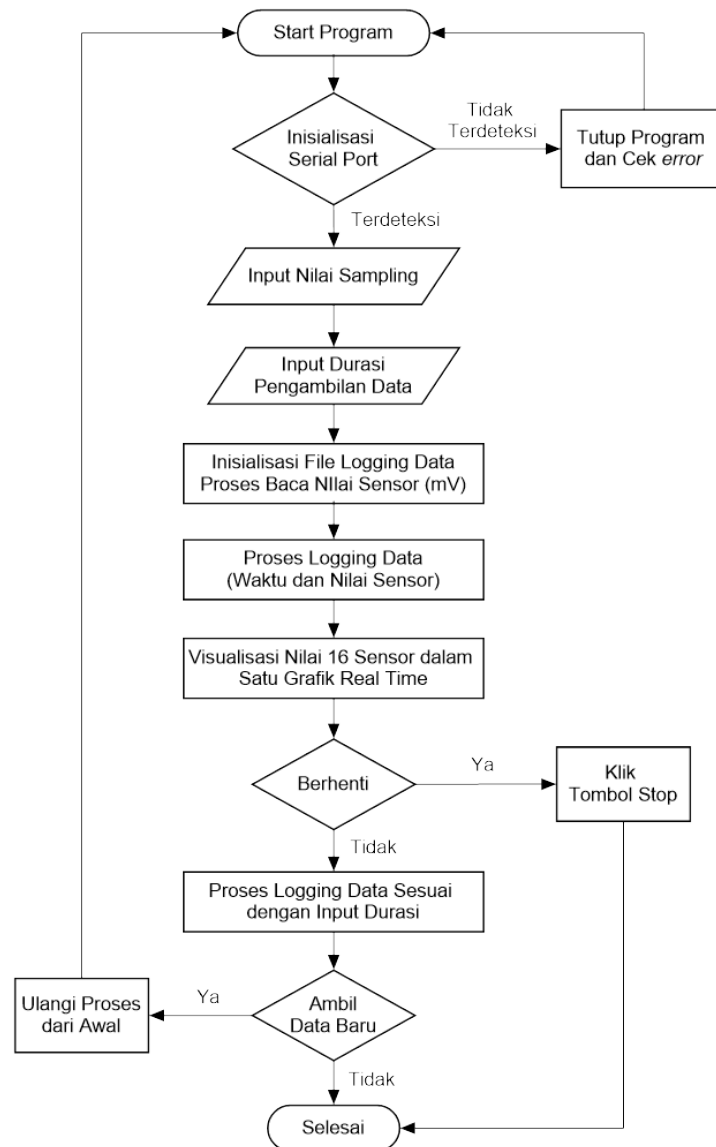


Gambar 3.3 Diagram Pembuatan *Socket Interface*

3.4.2 Perancangan Software

Perangkat lunak (software) merupakan sebuah piranti yang digunakan untuk mengendalikan suatu hardware. Pembuatan software lidah elektronik bertujuan untuk mengontrol, mengondisikan, memantau, merekam, hingga menyimpan data sinyal dari sebuah hardware. Software ini dibuat menggunakan aplikasi LabVIEW 2014 yang diciptakan oleh perusahaan National Instruments Ltd. LabVIEW dipilih karena banyak para ilmuwan dan pemngembangan teknologi yang menggunakannya. Aplikasi tersebut memang secara khusus dikeluarkan oleh perusahaan National Instruments untuk penggunaan *Measurement* dan *Automation*.

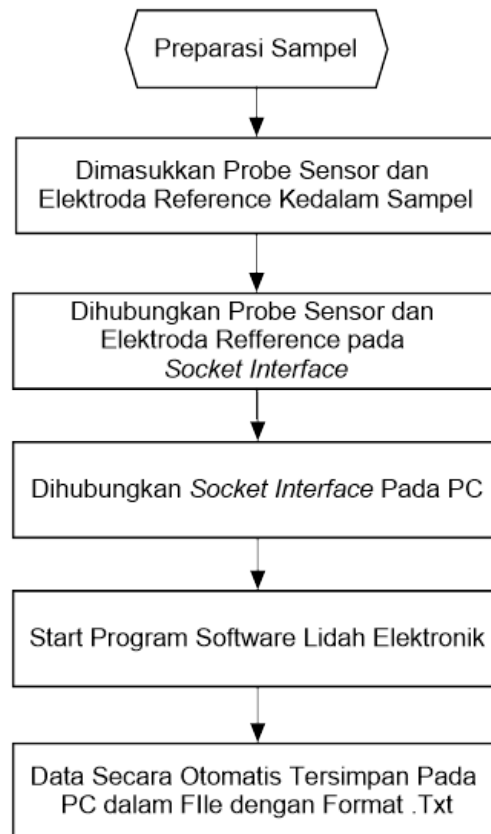
Sebelum membuat suatu perangkat lunak, maka kita harus memahami logaritma dasar yang ada pada hardware. Logaritma tersebut yang akan digunakan untuk membangun suatu software, sehingga antara hardware dan software dapat saling berkomunikasi sesuai dengan keinginan. Berikut adalah *flowchart* program dari pembuatan software:



Gambar 3.4 Diagram Program Pembuatan Software

3.4.3 Pengambilan Data

Proses Pengambilan data pada lidah elektronik dapat dijelaskan pada diagram berikut:



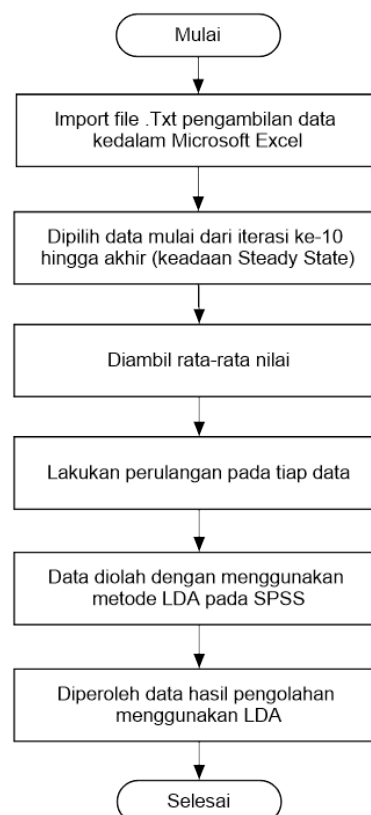
Gambar 3.5 Diagram Pengambilan Data

Keterangan:

Sampel yang digunakan berupa produk air minum dalam kemasan (AMDK) dengan enam merk yang berbeda. Dituangkan sampel kedalam beaker glass sebanyak 500ml. Dilakukan pengambilan data sebanyak dua puluh kali perulangan pada tiap sampel. Setiap satu kali perulangan diatur durasi selama lima menit.

3.4.4 Pengolahan dan Analisis Data

Penggunaan metode *linear discriminant analysis* (LDA) untuk proses analisis data yang didapatkan, akan menjadi faktor utama dalam pemberian informasi mengenai klasifikasi pola data pada sampel. Metode LDA dipilih sebagai proses analisis data dikarenakan mampu untuk mengenali pola secara multivariat. Jarak sebaran pola data dalam kelas data yang sama akan diminimalisir. Kemudian jarak sebaran pola data antar kelas data yang berbeda akan dimaksimalkan, sehingga data akan mengelompok sesuai dengan karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing data. Hal ini memudahkan klasifikasi pola pada analisis data yang didapatkan. Software yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah SPSS Statistic versi 17. Berikut adalah langkah-langkah dari proses pengolahan dan analisis data:



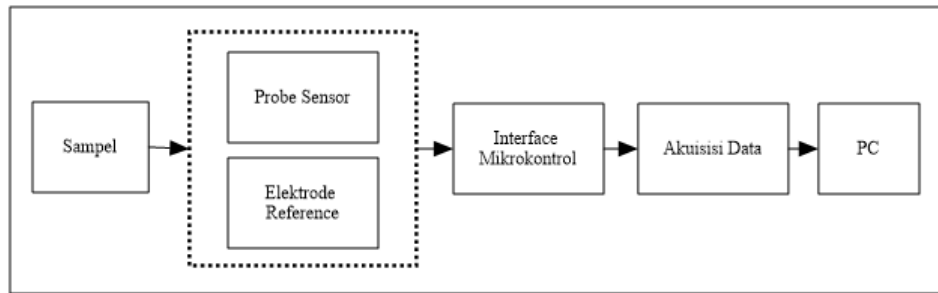
Gambar 3.6 Diagram Pengolahan dan Analisis Data

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lidah elektronik (E-Tongue) merupakan sebuah alat rekayasa lidah manusia. Prinsip kerja dari E-Tongue menyerupai sistem kerja lidah manusia pada umumnya, dengan direkatkannya membran artifisial pada permukaan sensor. Sehingga ketika sensor menyerap rasa pada suatu sampel, akan terjadi perubahan potensial pada membran artifisial. Ketika larik sensor dicelupkan pada suatu sampel yang berupa larutan uji yang dihubungkan dg elektroda *reference*, maka akan didapatkan berupa sinyal masukan. Dari impedansi masukan tinggi, menjadi impedansi keluaran rendah. Akan tetapi, sinyal output yang dihasilkan berukuran mili volt (mV) sangat kecil. Agar sinyal yang ditangkap sensor dapat diukur, maka diperbesar oleh penguat (Op-Amp) sehingga dapat dibaca oleh komputer.

Sistem kerja lidah elektronik tersusun atas hardware dan software yang dirancang khusus untuk memudahkan manusia dalam klasifikasi pola data khususnya pada sampel cair secara objektif. Hardware sistem lidah elektronik merupakan gabungan dari beberapa komponen elektronik seperti probe sensor, elektroda *reference*, dan interface mikrokontrol. Sedangkan untuk pembuatan software, semuanya dibangun dengan menggunakan aplikasi desktop National Instrumen Labview. Sistem kerja dari E-Tongue ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Sistem Kerja Sensor E-Tongue

4.1 Pembuatan Hardware Sensor E-Tongue

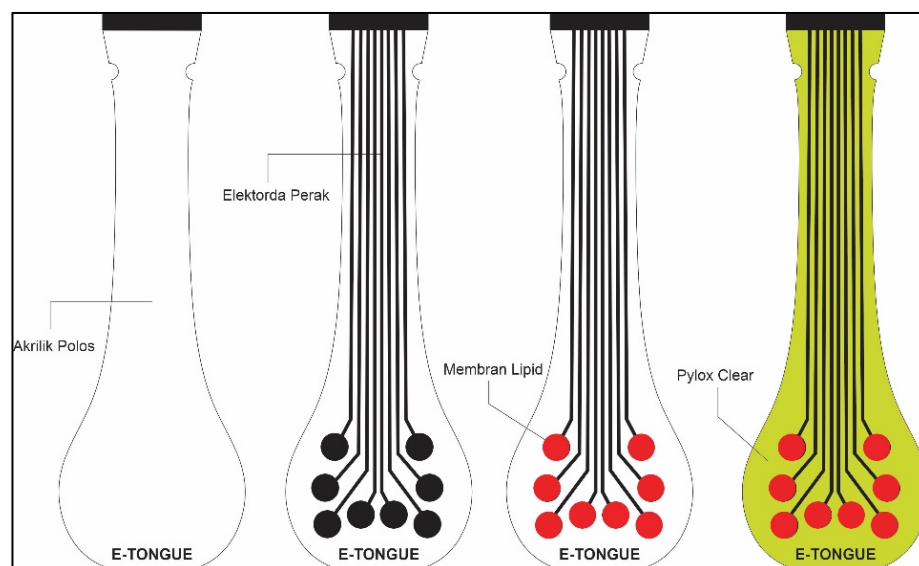
Pembuatan hardware Sensor e-tongue terbagi dalam beberapa proses dan bagian. Mulai dari bagian input, controlling, hingga processing. Bagian input merupakan bagian komponen elektronika yang berinteraksi langsung dengan sampel yang akan diuji coba. Terdiri dari probe sensor dengan 16 membran lipid, dan juga elektroda reference. Selanjutnya masuk pada bagian controlling, dimana alat uji e-tongue bisa diatur sesuai kebutuhan dengan bantuan sebuah mikrokontroler. Hingga kemudian masuk pada bagian processing yang mengintegrasikan antara hardware dan software, untuk mendapatkan output data yang di inginkan.

4.1.1 Probe Sensor

Lidah yang merupakan indra pengecap bagi manusia, menjadi sebuah prinsip dasar atas dibuatnya alat rekayasa lidah elektronik ini. Proses untuk meniru sistem kerja pada lidah ini adalah probe sensor. Lidah manusia memiliki papilla (tonjolan kecil pada permukaan lidah), ujung saraf dari pengecap yang terhubung langsung dengan syaraf di otak, agar bisa mendeteksi berbagai rasa makanan atau minuman. Sedangkan dalam sistem kerja e-tongue, terdapat 16 larik sensor timah yang dilapisi oleh membran lipid. Perpaduan antara timah sebagai konduktor, yang dilapisi oleh membran lipid dengan berbagai variasi komposisi, digunakan untuk mendeteksi adanya aktivitas oksidasi reduksi dari

sampel yang diuji. Hingga kemudian didapatkan output data berupa potensial listrik.

Tahapan atau proses pembuatan probe sensor diawali dengan pembuatan desain rancang bangun alat yang terbuat dari bahan akrilik. Untuk desain rancang bangun probe sensor E-Tongue dibuat menggunakan software Corel Draw 2019. Setelah desain sudah jadi dalam bentuk gambar, kemudian Kerangka dasar probe sensor akan dipotong dan digrafir menggunakan metode laser cutting akrilik. Hingga membentuk potongan yang sesuai dengan desain. Sesudah akrilik jadi, kemudian dipasang elektroda dari bahan timah murni sesuai jalur yang ada menggunakan lem perekat. Tahap selanjutnya adalah pelapisan probe sensor dengan pylox clear, dengan tujuan untuk menutupi area elektroda timah. Proses terakhir adalah penetasan membran lipid pada bagian larik sensor yang berbentuk bulatan sebanyak 16. Berikut skema pembuatan probe sensor E-Tongue yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tahap Pembuatan Probe Sensor E-Tongue

4.1.2 Membran Lipid

Membran yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa material aktif lipid dengan komposisi 3%, *Plasticizier* 65%, dan PVC 32%. Adapun material lipid aktif yang digunakan antara lain: *oleic acid*, *trioktil methyl ammonium chloride*, *ocadecylamine* dan *oleyl alcohol*. Material lipid memiliki fungsi sebagai maerial aktif membran yang nantinya akan berinteraksi dengan larutan sampel. Sedangkan untuk material Plasticizer yang digunakan antara lain: 2-NOPE, *bis (2-ethylhexyl) phosphate*, *bis (2-ethylhexyl) sebacate*, dan *bis (1-butylpentyl) adipate*. Fungsi dari *Plasticizer* sebagai pelarut membran yang nantinya juga ikut berinteraksi dengan larutan sampel. Material selanjutnya yakni, PVC (*Polivinil Chlorida*) yang memiliki fungsi untuk mengeraskan dan menguatkan larutan membran. Ditambahkan THF (*Tetrahydrofuran*) yang digunakan sebagai penguapan larutan. Dari bahan-bahan diatas, kemudian dikombinasikan menjadi 16 larutan untuk di tetesi pada larik probe sensor.



Gambar 4.3 Kombinasi Membran Lipid

4.1.3 Elektroda Reference

Sistem kerja dari sensor E-Tongue membutuhkan sebuah elektroda *reference*. Fungsi elektroda *reference* sebagai ground dari sistem sensor. Probe

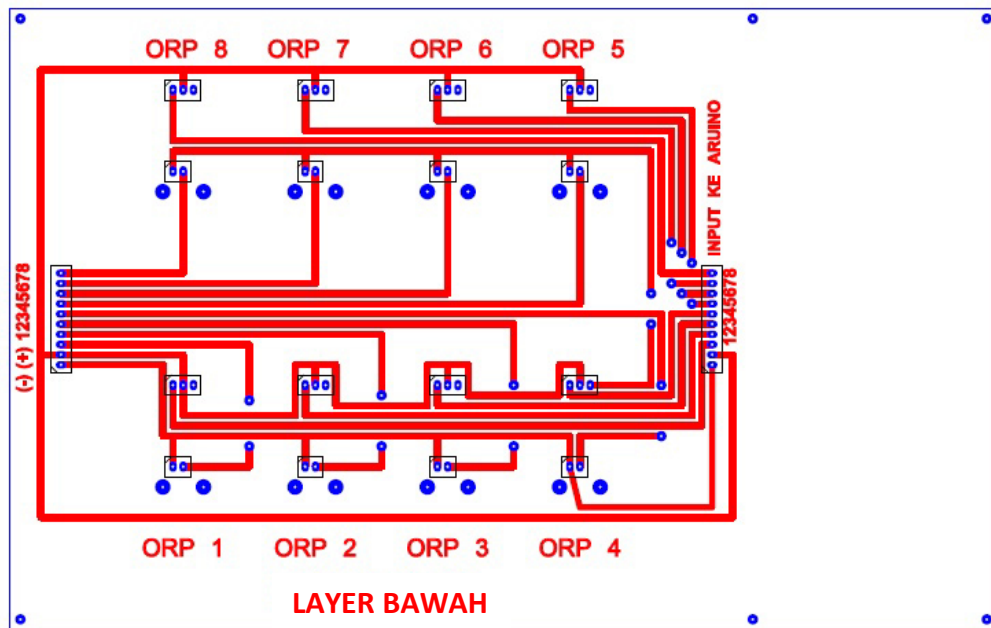
sensor memiliki sifat elektroda bermuatan positif, yang nantinya jika dimasukkan kedalam larutan sampel, diperlukan elektroda pembanding untuk menyeimbangkan tegangan yang berada di dalam larutan sampel. Elektroda pembanding ini disebut *reference electrode* (elektroda pembanding). Elektroda *reference* ini bermuatan negatif karena mengalirkan arus langsung ke ground. Apabila tidak ada elektroda *reference*, maka sensor tidak akan dapat bekerja, karena potensial yang dihasilkan tidak seimbang. Elektroda *reference* memiliki nilai yang konstan (tidak berubah-ubah), sehingga tidak mempengaruhi muatan dari sampel penelitian. Elektroda *reference* yang digunakan pada penelitian ini adalah Hanna HI 5311 dari perusahaan Hanna Instruments.

4.1.4 Interface Mikrokontrol

Interface mikrokontrol merupakan suatu piranti yang digunakan untuk menghubungkan sensor pada PC agar output sensor dapat terbaca pada PC. Penelitian ini menggunakan rangkaian interface sensor yang terdiri atas buffer dan board mikrokontroler arduino uno dan arduino mega 2560.

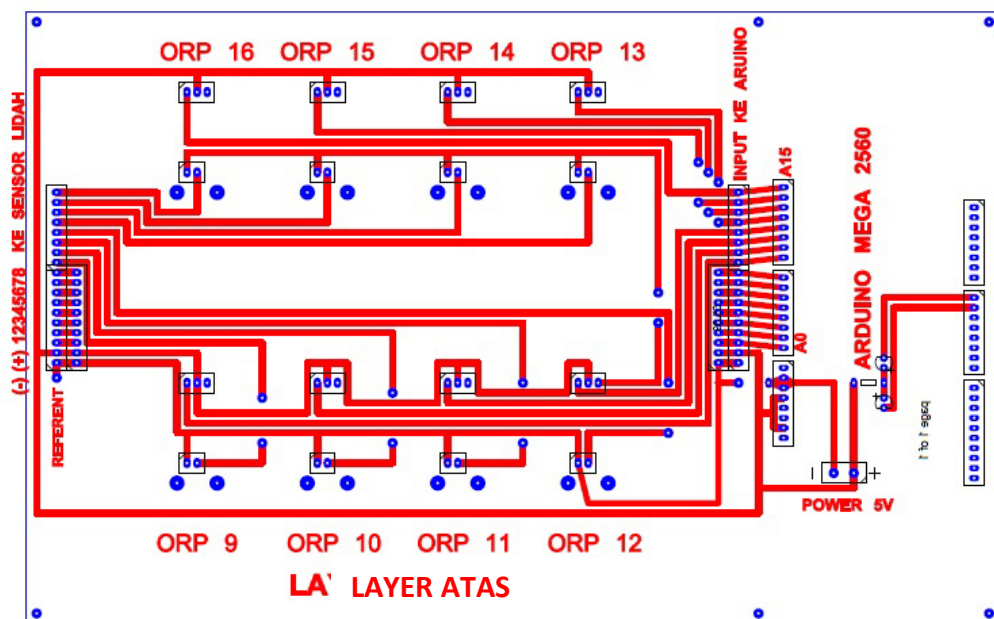
A. Desain PCB

Rangkaian PCB pada interface E-Tongue disusun menggunakan 2 *layer* yang tersusun atas 16 *array* sensor. 8 port larik sensor bagian atas, dan 8 port larik sensor pada bagian bawah. Masing-masing port larik sensor akan ditanam komponen *buffer* dari produk phidgets pH/ORP Adapter 1130, yang memiliki IC *Operational Amplifier* (Op-Amp). Alat tersebut berfungsi sebagai penguat sinyal yang masuk. Untuk desain dan rangkaian PCB dibuat menggunakan aplikasi PCB Wizard. Berikut kerangka desain PCB dari software PCB Wizard.



Gambar 4.4 Desain PCB Layer Bawah

Pada bagian layer bawah, terdapat jalur untuk memasang 8 pH/ORP Adapter. Kemudian juga ada jalur untuk pin analog yang berfungsi sebagai pembacaan sinyal potensial (data ADC), dan arus positif 5v pada mikrokontrol arduino mega 2560.

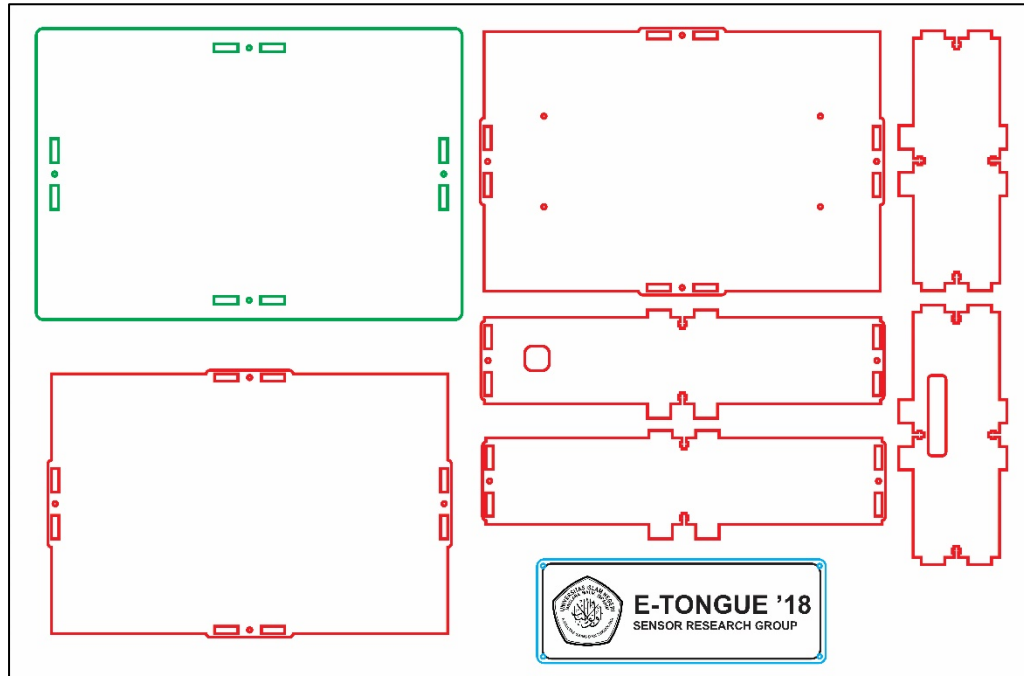


Gambar 4.5 Desain PCB Layer Atas

Pada rangkaian PCB Layer Atas, terdapat jalur untuk beberapa komponen. Mulai dari susunan 8 pH/ORP Adapter, lampu led, *switch button*, Arduino Mega 2560, dan konektor elektroda *reference*.

B. Desain Case

Pembuatan *casing* pada interface berfungsi untuk melindungi PCB dan beberapa komponen yang sudah terpasang, juga bertujuan agar tampilan hardware menjadi lebih minimalis dan mudah digunakan. Desain Digambar dan dirancang menggunakan software corel draw, untuk menentukan model bentuk yang di inginkan, juga presisi jarak tiap sudut. Bahan *casing* terbuat dari akrilik transparan yang dicetak menggunakan *Laser Cutting* sesuai dengan desain yang dibuat di aplikasi corel draw. Berikut desain *case* dari aplikasi corel draw:



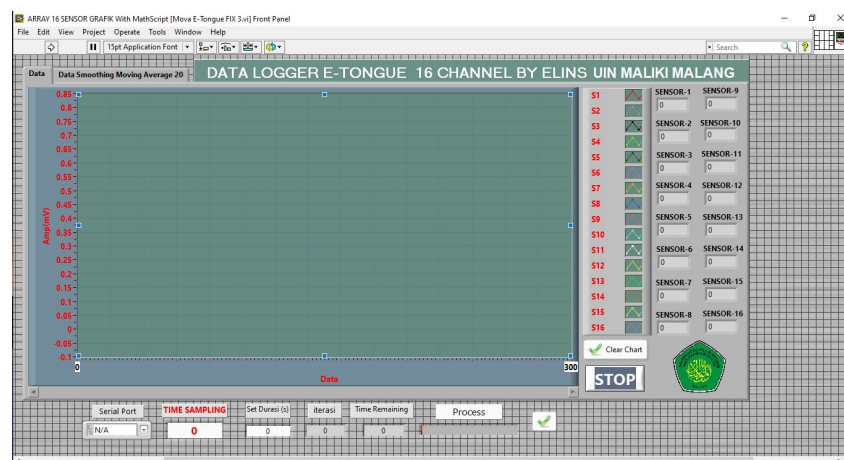
Gambar 4.6 Desain Case Menggunakan Corel Draw

4.2 Pembuatan Software Sensor E-Tongue

Hardware sensor lidah elektronik tidak akan bisa dijalankan tanpa adanya bantuan dari sebuah software. Layaknya kehidupan, hardware ibarat sebuah bentuk fisik makhluk hidup, sedangkan software adalah sebuah ruh yang ada di dalam tubuh tersebut. Pembuatan software E-Tongue ini dibangun dengan menggunakan bantuan software NI LabView 2014. Aplikasi berbentuk tampilan graphical user interface (GUI) dengan tipe file (.exe) sehingga sangat mudah untuk di install dan digunakan pada semua laptop/PC. Proses pembuatan software E-Tongue memiliki beberapa tahapan.

4.2.1 Pembuatan Graphical User Interface (GUI)

Dalam menggunakan sebuah alat, pasti dibutuhkan aplikasi untuk memudahkan pengguna dalam mengontrol, memantau, dan merekam data output. Pada tampilan GUI terdapat beberapa fitur yang mendukung untuk segala keperluan yang dibutuhkan ketika sedang melakukan uji coba terhadap suatu sampel. Mulai dari fitur timer, grafik respon sinyal tegangan yang diperoleh dari probe sensor, dan data looger untuk menyimpan data dalam bentuk ekstensi file yang di inginkan.

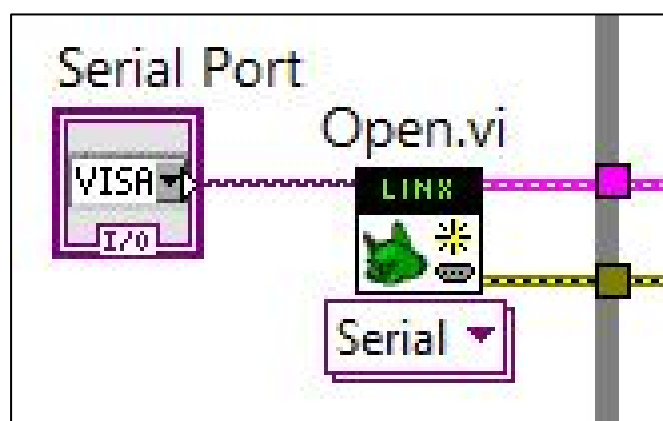


Gambar 4.7 Front Panel Graphical User Interface (GUI) E-Tongue

4.2.2 Koneksi Port USB

Untuk menghubungkan interface dengan sebuah PC, maka diperlukan adanya proses yang dinamakan inisiasi port. Agar alat bisa berjalan dengan lancar tanpa ada kendala dari software, maka perlu diperhatikan ketika pengkoneksian alat. Pada penelitian kali ini, port koneksi yang terhubung ke PC menggunakan *USB type A*, karna sangat mudah digunakan dan terdapat pada semua komponen PC. Sedangkan ujung kabel satunya yang terhubung pada interface, menggunakan *USB type B*.

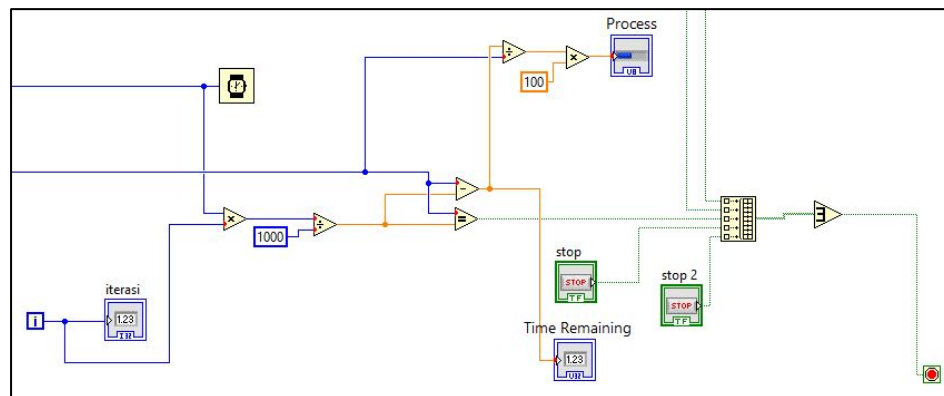
Kontrol inisiasi port yang digunakan untuk komunikasi serial pada LabView kali ini memakai fitur LINX yang disediakan di dalam software. Berbeda dengan LIFA, merupakan salah satu fitur sebelumnya dan memiliki fungsi yang sama untuk inisiasi port. LIFA memiliki beberapa proses agar PC dan Mikrokontrol bisa berinteraksi. Salah satunya dengan menanamkan driver LIFABase kedalam mikrokontrol. Kelebihan dari fitur LINX dengan LIFABase, yakni bisa digunakan di beberapa alat tanpa konfigurasi ulang. Berikut blok diagram pembuatan inisiasi port:



Gambar 4.8 Blok Diagram Inisiasi Port

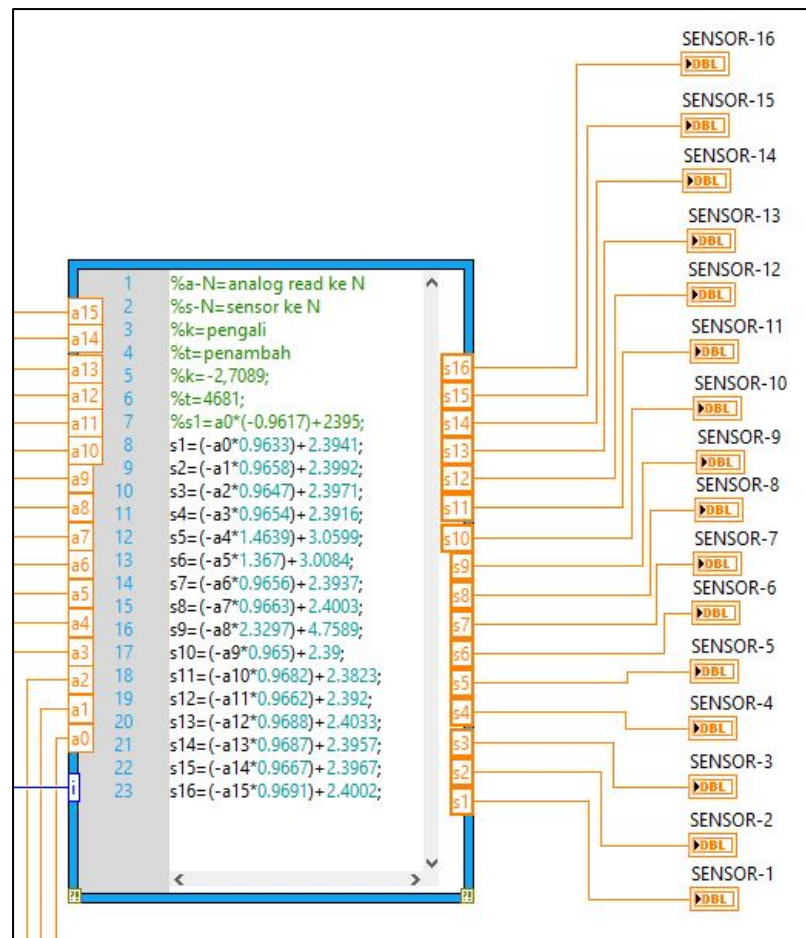
4.2.3 Sistem Akuisisi Data

Data sampel uji akan diproses menggunakan sistem akuisisi data. Pada proses pembuatan sistem akuisisi data, terdapat beberapa perintah dan fitur yang nantinya akan dibutuhkan untuk mendapatkan output data yang diinginkan. Mulai dari perintah control, data analog, *processing*, data *logger*, hingga menyimpan data.



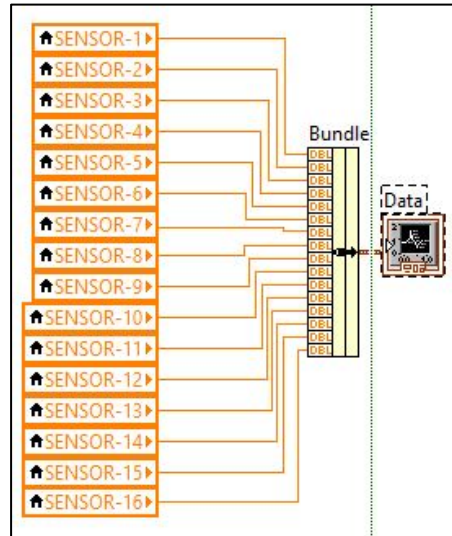
Gambar 4.9 Blok Diagram Perintah *Custom Control*

User nantinya bisa untuk memulai, mengatur durasi, dan menghentikan pengambilan data. Kemudian disediakan juga *time-remaining* sebagai indikator proses akuisisi sedang berjalan.



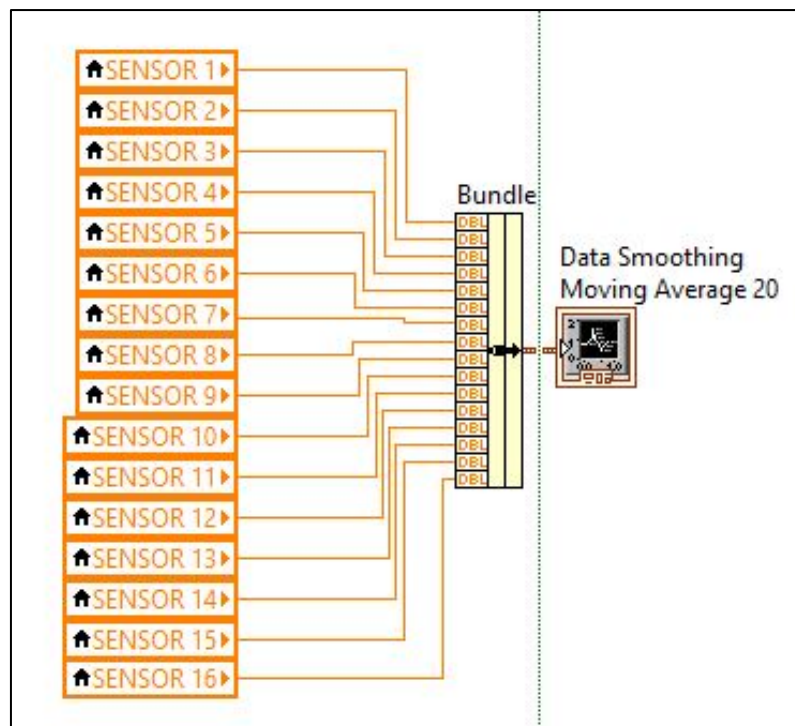
Gambar 4.10 Blok Diagram Pemrosesan Data

Setelah diatur durasi dan control lainnya, kemudian tahap selanjutnya adalah pemrosesan data menggunakan *Mathscript*. Data yang dicantumkan pada *mathscript* merupakan hasil dari sebuah nilai sensor yang dikalkulasi dengan nilai data asli tegangan, dan kemudian dimasukkan kedalam rumus persamaan linear. Dimana nilai data asli tegangan sebagai konstanta, dan nilai data sensor pada analog sebagai variabel.



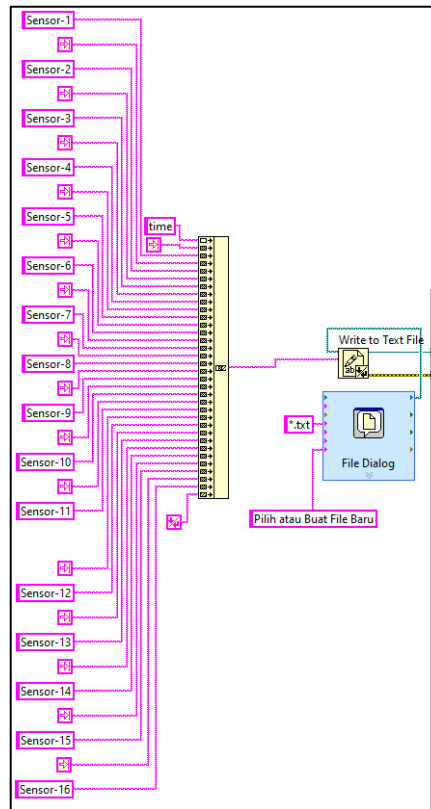
Gambar 4.11 Blok Diagram Panel Data Larik Sensor

Data sinyal tegangan yang terjadi ketika dicelupkan di sampel uji larutan pada tiap larik sensor, akan ditampilkan melalui panel-panel sensor yang sudah disediakan. Data ini akan ditampilkan di GUI dalam bentuk garis pada sebuah table grafik.



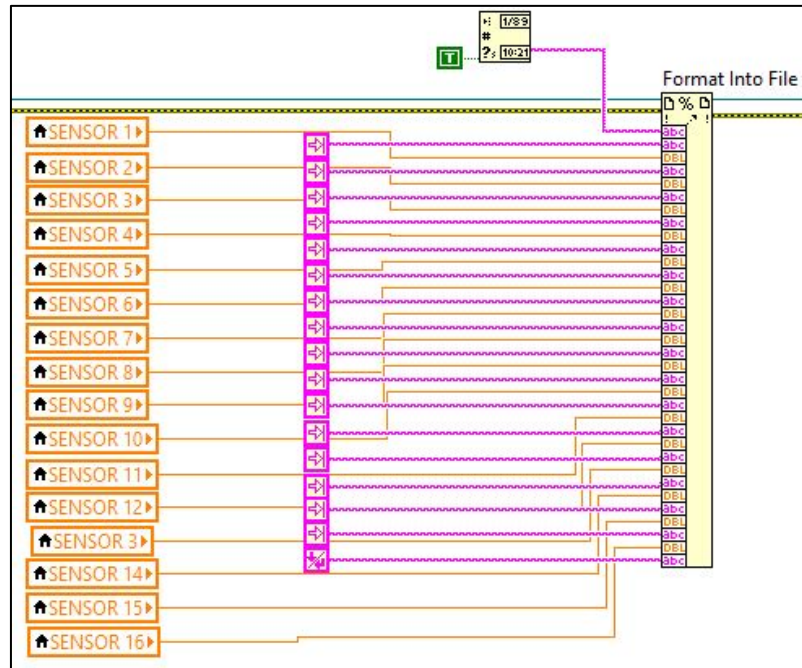
Gambar 4.12 Blok Diagram Panel Data *Moving Average*

Data yang didapatkan sebelumnya, kemudian dirata-ratakan (*Moving Average*) agar kemudian tampilan data bisa menjadi lebih bagus. Sehingga kita tau dengan cepat nilai tengah dari data yang didapatkan.



4.13 Blok Diagram Data Logger

Fungsi dari data logger adalah untuk merekam data secara *realtime* pada setiap detiknya. Inputan data sinyal tegangan yang masuk akan tercatat secara otomatis pada table file dialog.



Gambar 4.14 Blok Diagram Perintah *Save Data*

Data yang tadinya sudah direkam pada file dialog, kemudian dapat disimpan dengan mudah kedalam bentuk output file berbasis (.txt).

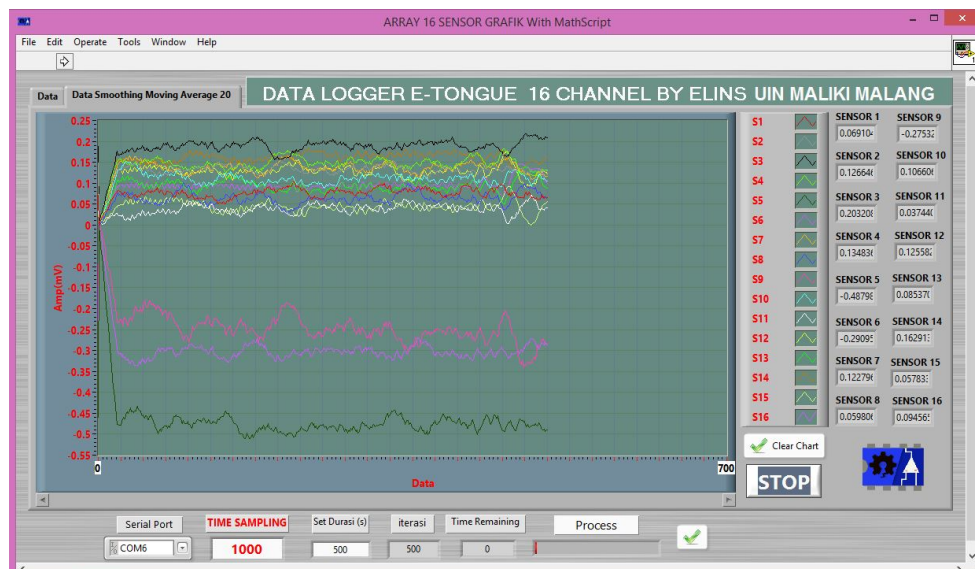
4.3 Data Hasil Penelitian

Pengujian larik sensor E-Tongue digunakan untuk klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan menggunakan metode *linear discriminant analyze* (LDA). Pengambilan data sampel dilakukan sebanyak 20 kali pengulangan untuk tiap satu merk air minum. Satu pengulangan pengambilan data membutuhkan waktu durasi 3 menit.



Gambar 4.15 Proses Pengambilan Data

4.3.1 Respon *Array* Sensor Terhadap Sampel



Gambar 4.16 Respon Larik Sensor Terhadap Sampel Uji

Sinyal tegangan yang dihasilkan dari uji sampel menggunakan probe sensor E-Tongue dan elektroda *reference*, kemudian divisualisasikan dengan sebuah GUI dalam bentuk garis berjalan pada tabel grafik. Dengan demikian, user dapat dengan mudah melihat dan memantau respon sinyal tegangan.

4.3.2 Output Data Pengujian Sampel

time	Sensor-1	Sensor-2	Sensor-3	Sensor-4	Sensor-5	Sensor-6	Sensor-7	Sensor-8
09:53:39	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
09:53:40	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
09:53:41	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
09:53:42	0.007759	0.007016	0.007746	0.007154	-0.017841	-0.009108	0.008650	0.008650
09:53:43	0.015283	0.014032	0.015493	0.014309	-0.035682	-0.018216	0.017301	0.017301
09:53:44	0.023042	0.021048	0.023239	0.021463	-0.053523	-0.027323	0.025951	0.025951
09:53:45	0.030801	0.028064	0.030985	0.028617	-0.071364	-0.036431	0.034602	0.034602
09:53:46	0.038560	0.035081	0.038496	0.035771	-0.089205	-0.045539	0.043252	0.043252
09:53:48	0.046319	0.042097	0.046242	0.042926	-0.107046	-0.054647	0.051903	0.051903
09:53:49	0.053843	0.049113	0.053989	0.050080	-0.124887	-0.063755	0.060553	0.060553
09:53:50	0.061366	0.056129	0.061735	0.057234	-0.142728	-0.072863	0.069203	0.069203
09:53:51	0.068890	0.063145	0.069481	0.064388	-0.160569	-0.081970	0.077854	0.077854
09:53:52	0.076649	0.070161	0.077228	0.071543	-0.178410	-0.091078	0.086504	0.086504
09:53:53	0.084173	0.077177	0.084974	0.078697	-0.196251	-0.100186	0.095155	0.095155
09:53:54	0.091697	0.084193	0.092720	0.085851	-0.214092	-0.109294	0.103805	0.103805
09:53:55	0.099221	0.091209	0.100466	0.093005	-0.231933	-0.118402	0.112456	0.112456
09:53:56	0.106745	0.098225	0.108213	0.100160	-0.249774	-0.127510	0.121106	0.121106
09:53:57	0.114268	0.105242	0.115724	0.107314	-0.267615	-0.136617	0.129756	0.129756
09:53:58	0.121792	0.112258	0.123470	0.114468	-0.285456	-0.145725	0.138407	0.138407
09:53:59	0.129316	0.119274	0.131216	0.121623	-0.303297	-0.154833	0.147057	0.147057
09:54:00	0.136840	0.126290	0.138727	0.128777	-0.321138	-0.163941	0.155708	0.155708
09:54:01	0.144364	0.133306	0.146238	0.135931	-0.338979	-0.173049	0.164358	0.164358
09:54:02	0.151888	0.140322	0.153984	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:03	0.151652	0.140322	0.153984	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:04	0.151652	0.140322	0.153984	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:05	0.151417	0.140322	0.153984	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:06	0.151182	0.140322	0.153984	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:07	0.150947	0.140322	0.154220	0.143085	-0.356820	-0.182157	0.173009	0.173009
09:54:08	0.150712	0.140322	0.153984	0.143085	-0.357177	-0.182157	0.173009	0.173009

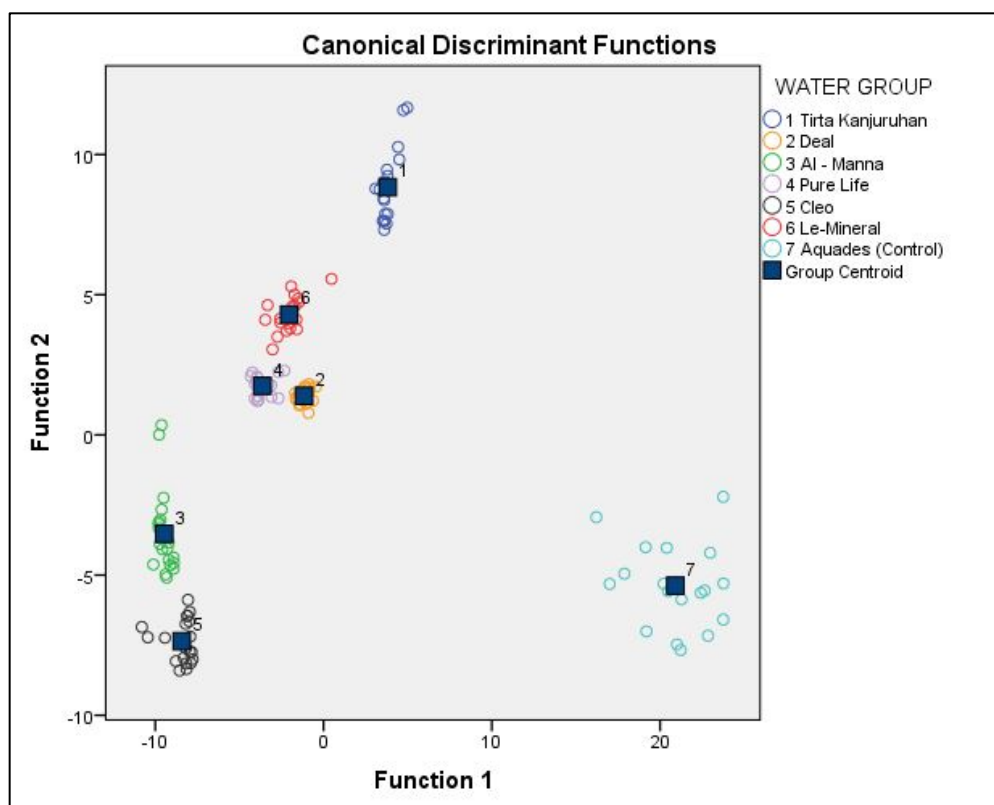
Gambar 4.17 Hasil Output Data Sampel Uji Air Minum

Data keluaran yang didapatkan dari proses sistem akuisisi data, atau hasil dari rekaman data (data *logger*) pada file dialog, bisa disimpan dalam bentuk file dengan format (.txt). File tersebut nantinya akan diolah lagi untuk diklasifikasikan menggunakan metode LDA. Untuk pengolahan data lanjutan, digunakan software SPSS dalam memudahkan pengerjaan. Berikut salah satu data output dari hasil uji sampel air minum:

4.3.3 Hasil Pengolahan Data Sampel Menggunakan Metode LDA

Seluruh Data *output* yang didapatkan melalui sistem akuisisi data, kemudian diolah menggunakan software SPSS agar memudahkan dalam menyederhanakan bentuk pola klasifikasi yang diinginkan. Metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan pola data pada penelitian ini adalah *linear discriminant analysis* (LDA). Analisis diskriminan merupakan sebuah teknik statistik multivariat yang berkaitan dengan pemisahan (*separate*) sekelompok objek. Dengan mengidentifikasi variabel-variabel tiap kelompok data, metode

ini mencoba untuk memisahkan atau mengklasifikasikan suatu nilai data secara detail numeris, sehingga dapat memisahkan objek yang karakteristiknya diketahui. Hingga mendapatkan hasil plot klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan sebagai berikut:



Gambar 4.18 Klasifikasi Pola Rasa AMDK Menggunakan Metode LDA

Pada gambar ditunjukkan bahwa beberapa merk minuman saling berdekatan, dalam artian memiliki pola data yang hampir sama. Kelompok 2 (Deal), 4 (Pure Life), dan 6 (Le-Mineral), yang posisinya ada dalam satu koordinat. Dapat diasumsikan bahwa ketiga merk air minum tersebut memiliki karakteristik pola yang mirip. Selanjutnya kelompok 3 (Al-Manna) dan 5 (Cleo), juga terlihat saling berdekatan. Hal ini menunjukkan adanya kesamaan pola karakterisasi dari kedua air minum tersebut. Berbeda dengan kelompok 1 dan kelompok 2, bahwa tidak ada yang saling berdekatan diantara keduanya. Hal ini

menandakan bahwa pola karakteristik dari kedua sampel air tersebut sangatlah berbeda jauh dengan pola karakteristik sampel air minum lainnya. Ada kemungkinan hal ini disebabkan karena kualitas air pada kelompok 1 masih terbilang cukup standart, karena merupakan produk lokal. Begitu juga dengan kelompok 7 yang merupakan sampel aquades, memiliki karakteristik pola yang sangat jauh dari keseluruhan pola air minum yang ada.

4.4 Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an

Allah SWT memberikan suatu kelebihan atau anugerah yang sangat besar kepada seluruh manusia berupa akal dan fikiran yang mampu digunakan untuk berfikir, dan mempergunakannya untuk hal-hal yang baik, salah satunya dengan mengembangkan sebuah alat teknologi yang bermanfaat untuk mempermudah pekerjaan manusia. Hal ini tercantum dalam firman Allah SWT dalam surah Al-Imran ayat: 190 sebagaimana berikut:

وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُمْ مِنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ عَلَى كَثِيرٍ مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلًا ﴿٧٠﴾

Artinya : *“Dan sesungguhnya telah Kami muliakan anak-anak Adam, Kami angkut mereka di daratan dan di lautan, Kami beri mereka rezki dari yang baik-baik dan Kami lebihkan mereka dengan kelebihan yang sempurna atas kebanyakan makhluk yang telah Kami ciptakan.”*

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pembuatan prototipe lidah lektronik dengan enam belas *array* sensor berbasis membran lipid yang digunakan untuk klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembuatan prototipe lidah elektronik dengan enam belas *array* sensor berbasis membran lipid untuk klasifikasi pola rasa air minum dalam kemasan, menggunakan prinsip Elektrokimia. Reaksi oksidasi dan reduksi merupakan konsep dasar reaksi yang terjadi dalam proses elektrokimia. Terjadinya perpindahan atau pelepasan elektron (oksidasi) dan penangkapan elektron (reduksi) mengakibatkan adanya elektron yang mengalir dan terjadi beda potensial. Hal ini menjadi indikasi adanya aliran listrik.
2. Sistem akuisisi data yang dibangun dengan 16 larik sensor berbasis membran lipid, memiliki respon yang sangat baik terhadap beda potensial tiap sampel zat cair yang telah diuji. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengolahan data secara keseluruhan menggunakan metode statistika *Linear Discriminant Analysis* (LDA). Plot data masih menunjukkan bahwa, beberapa bahan uji dapat terklasifikasi sesuai dengan kelompok masing-masing. Sampel aquades yang digunakan sebagai kontrol, menunjukkan bahwa titik *cluster centroid* aquades memiliki jarak yang jauh dengan titik *cluster centroid* sampel air minum dalam kemasan lainnya. Begitu juga dengan beberapa sampel satu dengan sampel lainnya. Hal ini membuktikan bahwa *array sensor e-tongue* berbasis membran lipid dapat

mengelompokkan pola rasa air minum dalam kemasan sesuai dengan kelompok datanya masing-masing.

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu disampaikan setelah melakukan penelitian ini yaitu:

1. Perlu adanya penelitian lanjut dengan penambahan sensor yang dikombinasikan, hal ini bertujuan untuk mengetahui pola kluster data yang dihasilkan. Karena pada dasarnya lidah manusia terdiri dari jutaan sensor yang memiliki fungsi berbeda.
2. Sistem akuisisi dan pengolahan data perlu dikembangkan lagi agar hasil yang didapatkan lebih efisien dan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. 2019. *Arduino Mega 2560*. <https://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. Diakses pada tanggal 17 Agustus 2019.
- Al-Quran. 2009. *Al-Quran dan Terjemahnya*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Amerongen, AV Nieuw. 1991. *Ludah dan Kelenjar Ludah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada hlm. 6-7, 173-8.
- Banerjee, B. 1993. *Tea Production and Processing*. Oxford & IBH, New Delhi, India.
- Christien Arisona, Dian. 2015. *Analisis Diskriminan Linier pada Klasifikasi Nasabah Menunggak dan Tidak Menunggak dengan Metode Cross Validation*. Skripsi. Makasar: Universitas Hasanudin
- Fifield, F. W (Ed) and Haines. P. J (Ed). 1995. *Environmental Analytical Chemistry*. London: Chapman and Hall.
- Fukunaga, K. 1990. *Introduction to Statistical Pattern Recognition Second*. Boston: Harcourt Brace Jovanovich.
- Hannainstruments. 2018. Electrode Reference HI-5311. <https://hannainstruments.fr>. Diakses pada tanggal 15 Agustus 2019.
- Harvey, David. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. NY: Mc Grawhill.
- Hayashi, N. Chen, R. Ikezaki, H. Ujihara, T. 2008. *Evaluation of the Umami Taste Intensity of Green Tea by a Taste Sensor*. J. Agric. Food Chem. 56 (16), 7384.
- Hendayana, S. dkk. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang.
- Himanshu, Aeran et. all. 2015. *Taste Perception - A Matter of Sensation*. International Journal of Oral Health Destistry.
- Irianto, Koes. 2012. *Anatomi Dan Fisiologi Untuk Mahasiswa*. Bandung: Alfabeta.
- Iswadi & Aisyah. 2012. *Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum Menggunakan Tenaga Matahari*. UIN Alauddin Makassar.
- Jacewicz, M. 2008. *Smell and taste disorders* (Merck Manual Hand Books). http://www.merckmanuals.com/home/print/ear_nose_and_throatdisorders/nose_sinus_and_taste_disorders/smell_and_taste_disorders.html#index.

- Jacob, Fraden. 2010. *Hanbook of Modern Sensor*. Springer International Publishing.
- Jazuly, A. T. Al. 2016. *Pengujian Karakteristik dari 16 Array Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasi Empat Rasa Dasar*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kahlert, Heike. 2010. *Reference Electrodes - Electroanalytical Methods*. ISBN 978-3-642-02914-1. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kobayashi, Y. dkk. 2010. *Advanced Taste Sensors Based on Artificial Lipids with Global Selectivity to Basic Taste Qualities and High Correlation to Sensory Scores*. *Sensors*, 10(4), 3411–3443. <https://doi.org/10.3390/s100403411>.
- Ma'ruf, Muhammad. 2009. *50 Great Business Ideas from Indonesia*. Jakarta: Hikmah.
- Massimo Banzi, Michael Shiloh. 2014. *Getting Started With Arduino : 262 page*. ISBN 1-4493-6333-4
- Menkes RI. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta
- Michael, Faraday. 1834. *"On Electrical Decomposition", Philosophical Transactions of the Royal Society*.
- Nakamura, Y., Haines, N., Chen, J., Okajima, T., Furukawa, K., Urano, T., Stanley, P., Irvine, K.D. (2002). Identification of a *Drosophila* gene encoding xylosylprotein beta 4-galactosyltransferase that is essential for the synthesis of glycosaminoglycans and for morphogenesis. *J. Biol. Chem.* 277(48): 46280--46288.
- National Instrument. 2001. *LabVIEW User Manual*. National Instruments.
- National Instrument. 2010. *Introduction to Data Acquisition with LabVIEW*. National Instruments
- Phidgets. 2019. pH/ORP Adapter 1130. <https://phidgets.com>. Diakses pada tanggal 16 Agustus 2019.
- Rattanawarinchai, P. dkk. 2017. *Electrochemical Sensor: Preparation Technique Based on Electronic Tongue in Fragrance*. *Materials Today: Proceedings*, 4(5), 6410–6414. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.06.146>.

- Setiawan, Wahyudi. 2012. *Sistem Deteksi Retinopati Diabetik Menggunakan Support Vector Machine*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Skoog, West, Holler & Crouch. 2004. *Fundamentals of analytical chemistry 8ed*. California : Brooks/ Cole Cengage Learning.
- Sumathi, S. 2007. *LabVIEW Basic Advanced Instrumentation System*. Berlin: Springer.
- Togari, T., dkk. (2004). The Development of Perceived Health Competence Scale (PCHS) Japanese version. *Jpn J Health & Human Ecology*. Vol. 70 (5): 184-195
- Toko, K. 2013. *Electronic Sensing of Tastes*. *Electroanalysis*, 10(10), 657–669. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4109\(199808\)10:10<657::AID-ELAN657>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4109(199808)10:10<657::AID-ELAN657>3.0.CO;2-F).
- Underwood, A.L. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif Pujatmaka edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Wahab, A. W., & La Nafie, N. 2014. *Buku Ajar Metode Pemisahan dan Pengukuran 2 : Elektrometri dan Spektrofotometri*. Makasar: Universitas Hasanudin.
- William L. Masterton. 2009. *Chemistry Principles and Reactions*. California : Brooks/ Cole Cengage Learning
- Wreksoatmodjo, Budi Riyanto. 2004. *Aspek Neurologik Gangguan Rasa Pengecapan*. *Majalah Kedokteran Atma Jaya*. 3(3). hlm. 155-6.

LAMPIRAN

Lampiran 1

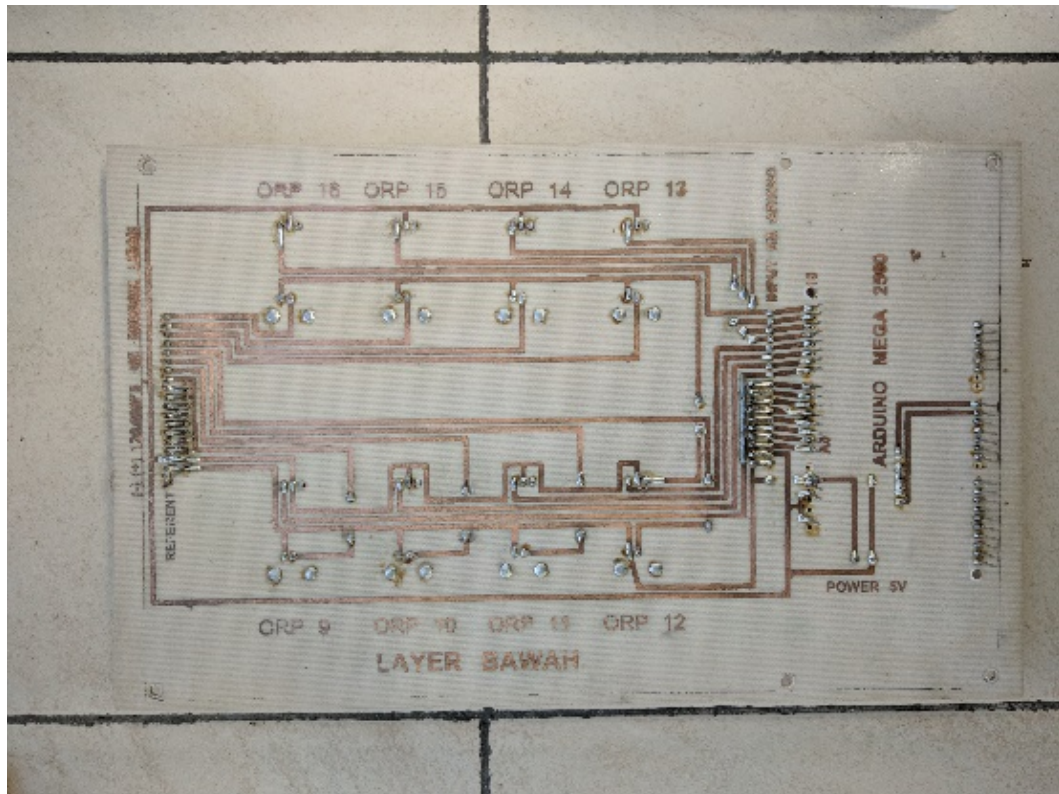
Dokumentasi Kegiatan



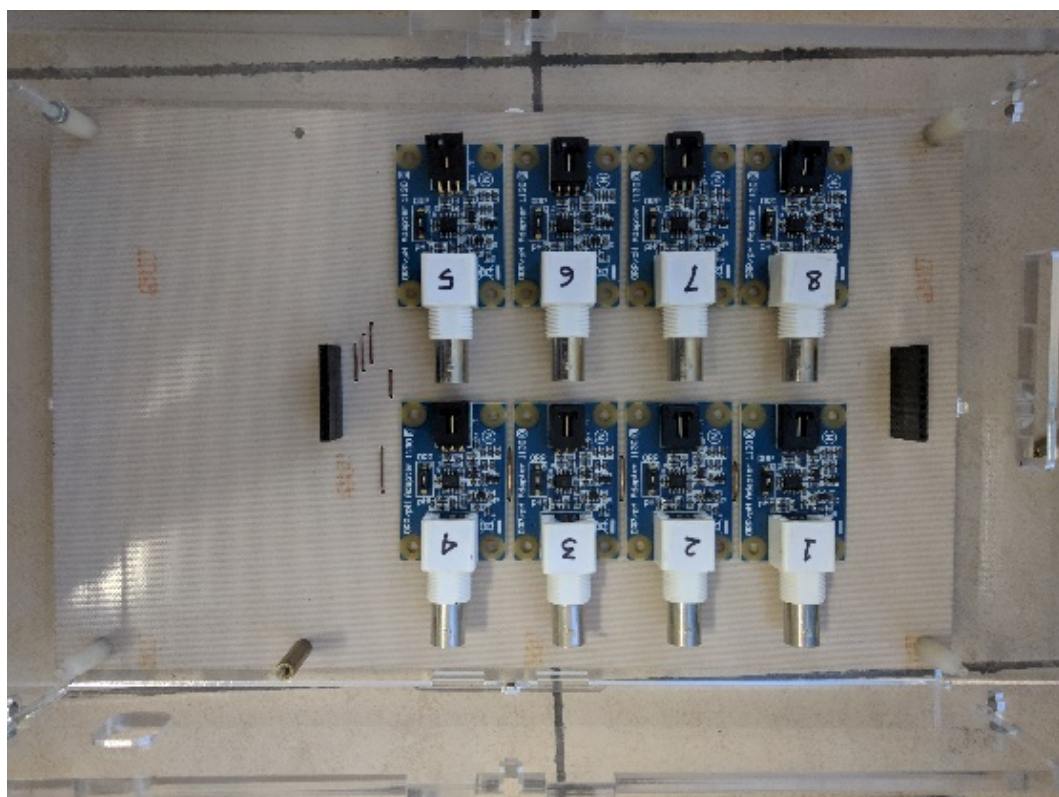
Proses Pengambilan Data Sampel Uji



Sampel Uji Coba Aquades Dan Beberapa Air Minum Dalam Kemasan Berbagai Merk



Desain PCB



Pemasangan pH/Orp Adapter pada PCB



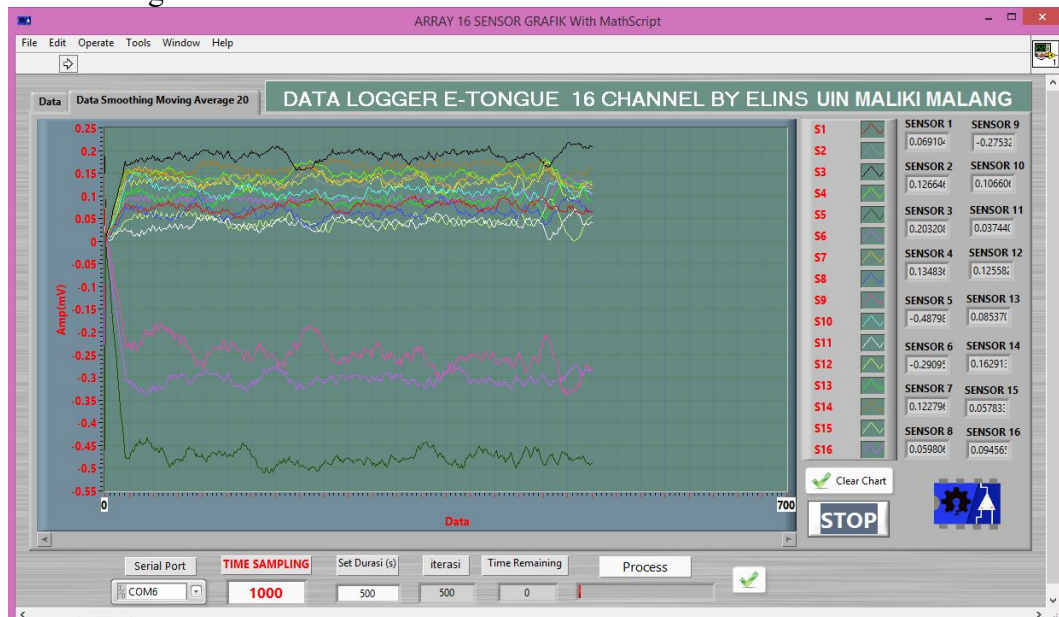
Desain case *e-tongue*



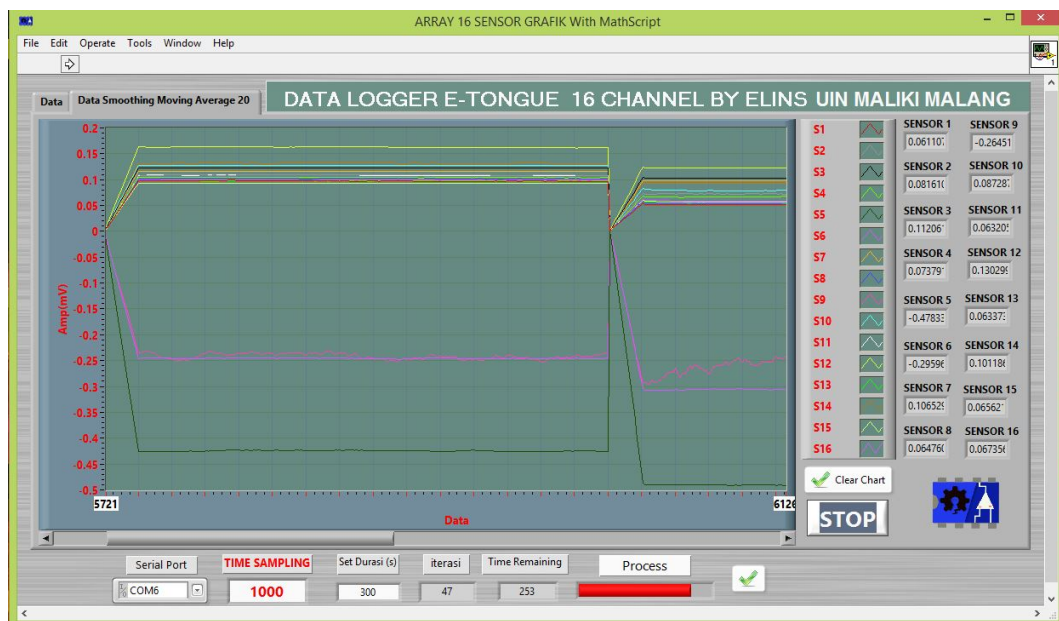
Probe Sensor *e-tongue*

Lampiran 2

Proses Pengambilan Data



Tampilan Data Uji Sampel (*Non-Average*)



Tampilan Data Uji Sampel (*Average*)



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayan No. 50 Dinoyo, Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Moh. Fajrul Falah
NIM : 14640049
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : *Rancang Bangun Array Sensor E-Tongue Berbasis Membran Lipid Untuk Klasifikasi Pola Rasa Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Metode LDA.*
Pebimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si.
Pebimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No.	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	23 Juli 2019	Konsultasi Bab I	
2	15 Agustus 2019	Konsultasi Bab II dan III	
3	03 September 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
4	05 Juni 2020	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	18 Agustus 2020	Konsultasi Pembahasan Bab IV	
6	22 Maret 2021	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
7	5 April 2021	Konsultasi Bab IV, V dan ACC	
8	21 Juni 2021	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 21 Juni 2021

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003